Written in accordance with the Syllabus of Higher
Secondary Schools with diversified course.

প্রাথমিক রসায়ন

[Chemistry - Part III · For Class XI]

তৃতীয় খণ্ড

শ্রীসমর গুহ, এম এস সি

[illegible] বিশ্ববিদ্যালয়ের [illegible] অধ্যাপক, প্রাক্তন অধ্যাপক
বিজয়গড় জ্যোতিষ রায় কলেজ জগন্নাথ কলেজ,
'পদার্থের স্বরূপ,' '[illegible]', '[illegible]
[illegible] পথ' প্রভৃতির গ্রন্থ প্রণেতা।

সপ্তম সংস্করণ

বুক সিণ্ডিকেট প্রাইভেট লিমিটেড
নাথ মজুমদার স্ট্রীট : কলিকাতা-৯

সপ্তম সংস্করণ—1959

মূল্য পাঁচ টাকা পঁচাত্তর পয়সা

Published by P. C. Bhowal for Book Syndicate Private Ltd.
6, Ramanath Mazumder Street, Calcutta-9 and Printed at
Mudran Bharati (P.) Ltd., 2 Ramnath Bisw
Calcutta 9

ভূমিকা

বিজ্ঞানাচার্য শ্রীসত্যেন্দ্রনাথ বসুর আশীর্বাণীসহ প্রাথমিক রসায়নের তৃতীয় খণ্ডের চতুর্থ সংস্করণ প্রকাশিত হইয়াছিল। পরলোকগত প্রথিতযশা রসায়ন-বিজ্ঞানী ডঃ জ্ঞানচন্দ্র ঘোষের অনুপ্রেরণায় যে বইটির রচনা সুরু হইয়াছিল, লেখা-শেষে জাতীয়-অধ্যাপক শ্রীসত্যেন্দ্রনাথ বসুর শুভেচ্ছা ও সমাদরে সেই রচনা-প্রয়াস সার্থকতা লাভ করিল।

রসায়নের পাঠ্যপুস্তকের উন্নয়নে আগ্রহী বিজ্ঞান শিক্ষকদের পরামর্শ ও আলোচনাক্রমে তৃতীয় খণ্ডের সপ্তম সংস্করণে কয়েকটি অধ্যায় বিশেষভাবে পরিমার্জিত করিয়া লেখা হইয়াছে। এই সংস্করণে মৌলিক পদার্থের পর্যায় সারণী বা পিরিয়ডিক টেবল্ সংযোজিত হইয়াছে।

মাধ্যমিক রসায়নের বইগুলির আকার নির্দেশ করা এক বিশেষ সমস্যার বিষয়ে পরিণত হইয়াছে। বোর্ডের সিলেবাস অনুযায়ী বইটিতে অন্তর্ভুক্ত পাঠ্য বিষয় ও বইয়ের আকার আরও সংক্ষিপ্ত ও ক্ষীণ কলেবর হওয়া প্রয়োজন। কিন্তু মেধাবী ছাত্রদের প্রয়োজনবোধে অনেক বিশিষ্ট বিজ্ঞান শিক্ষক-শিক্ষিকা লেখককে বইটিতে কিছু কিছু অতিরিক্ত বিষয় অন্তর্ভুক্ত করার এবং কোন কোন ক্ষেত্রে পাঠ্যবিষয়ের আলোচনা আরও বিস্তৃত করার পরামর্শ দেন। কেহ কেহ আবার বইয়ের আকার প্রসঙ্গে বিপরীত অভিমতও প্রকাশ করেন।

বাংলায় একাধিক ধরনের টাইপের অভাব এরূপ পরস্পর বিরোধী মতামতগুলি সামঞ্জস্যের উদ্দেশ্য 'অবশ্য পঠনীয়' ও বিশেষ মেধাবী ছাত্রদের জন্য 'অতিরিক্ত পঠনীয়' বিষয়গুলি ভিন্ন টাইপের সাহায্যে নির্দিষ্ট বা চিহ্নিত করা সম্ভব হয় নাই। আশা করি শ্রদ্ধেয় শিক্ষক-শিক্ষিকাগণ 'অবশ্য পঠনীয়' ও 'অতিরিক্ত পঠনীয়' বিষয়গুলি ছাত্রদের জন্য চিহ্নিত করিয়া দিবেন।

বিজ্ঞান শিক্ষক-শিক্ষিকাগণের ব্যাপক শুভেচ্ছা ও সমাদরের জন্যই ষষ্ঠ সংস্করণ প্রকাশ করা সম্ভব হইল। এজন্য লেখক বিজ্ঞান শিক্ষক-শিক্ষিকামণ্ডলীর কাছে আন্তরিকভাবে কৃতজ্ঞ। আশাকরি সবাইকার পরামর্শ লাভ করিয়া বইটিকে ভবিষ্যতে আরও উন্নত করা সম্ভব হইবে। জয়হিন্দ্।

সমর গুহ

HIGHER SECONDARY COURSE

CHEMISTRY SYLLABUS FOR CLASS XI

OF

Board of Secondary Education, West Bengal

Course Content	**Notes**
1. (a) Equivalent weight—equivalents of oxygen and carbon (Duma's experiments); determination of equivalents of metals; by replacements of hydrogen, by the addition or removal of oxygen, by analysis or synthesis of chlorides, by displacement with another metal, Numerical problems.	(D)—(Demonstration by teacher)
(b) Equivalent weight and atomic weight.	
(c) Determination of atomic-weights as included under Avogadro's Law; also application of Dulong and Petit's Law and law of isomorphism. Idea of exact atomic weight problems.	
2. Electrolysis.	
(a) Faraday's laws of electrolysis.	
(b) Ionic explanation of conductivity and of electrolysis. Acids, bases, salts, neutralisation ; and salts, basic salts, neutral salts ; hydrolysis.	
3. Equivalent weight of acids, bases and salts, Standard (including normal) solution, simple acidimetry and alkalimetry.	Cases of back titration or of indirect estimations are not required at this stage.

Course Content	**Notes**
4. Elementary idea of atomic structure—protons, electrons, neutrons ; electro-valency and covalency ; radio-activity ; isotopes ; oxidation and reduction in terms of electrons.	
5. Metals and their compounds.	The treatment of the course content should not exceed 24 pages.
(i) Physical and chemical difference between metallic and non-metallic elements.	
(ii) Extraction of metals from their compounds occuring in nature.	Only mention of the different methods with example and equations (where necessary).
(iii) Properties of metals.	(D)—Exhibit the metals, sodium, calcium, magnesium, copper, zinc, aluminium lead and iron.
(a) Pyhsical properties.	
(b) Electro-chemical series of the metals—Action of oxygen, water and dilute mineral acids.	
Displacement of metals from solutions of their salts with another metal.	Copper from copper sulphate soln, with iron ; silver from a silver salt solution with zinc.
(c) Action of nitric acid, caustic soda and chlorine.	
(iv) Alloys — Elementary idea about preparation. Some common alloys *e. g.*, brass, bronze, german silver duralumin soft solders, type metal, alloy steel.	Only quantitative composition and uses.

Course Content	Notes
(v) Some common metals.	D—Charts showing preparation of different compounds from a basic compounds occuring in nature. Individual compounds are be read only to the extent indicated. Only chemistry of extraction of metals ; commercial cells and furnaces are not required.
(a) Sodium. Extraction, properties and uses. Preparation of sodium sulphate, sodium carbonate (Solvay process), caustic soda (electrolysis of brine, and lime method). Their uses. Preparation of glass.	
(b) Magnesium—its extraction, properties and uses (light alloys .	
(c) Calcium—Extraction and properties.	Brief mention of cement and its use as a building material.
Preparation and uses of lime, plaster of Paris.	Only the principles of the different steps.
(d) Copper, —Extraction from copper pyrites, properties and uses. Preparation coper sulphate.	
(e) Zinc— Principle of extraction from zinc blende ; properties and uses (alloys ; battery-making). Galvanizing (Comparison with tin plating).	
(f) Aluminium,—Extraction from bauxite ; properties and uses, Thermit process. Preparation of aluminium oxide, chloride and sulphate.	

Course Content	Notes
(g) Lead,—Principal of extraction from galena ; properties and uses.	Purification of lead (elimination of arsenic, desilverisation, electrolytic refining) — not required.
Preparation of litharge and red lead : action of dilute hydrochloric and nitric acids on them : uses.	
White lead (formula only) is a pigment.	
(h) Iron—Extraction in the Blast Furnace.	D—Chart of Blast Furnace detailed description not required. Function of coke and limestone ; simple equations to explain reduction of iron by carbon monoxide and by carbon and formation of calcium silicate slag.
Cast Iron, Wrought Iron and Steel. Principle of preparation of steel from cast iron (description of any of the process not required).	
Properties of Iron—Rusting and rust-prevention.	Scope of the subject :— The course content is to be converted in 24 to 32 pages.
Preparation of ferric oxide.	
6. Carbon Compounds— Organic Chemistry.	
1. Fuel ; examples of solid, liquid and gaseous fuels.	
(i) Chemistry of preparation of water gas and producer gas.	Commercial plants are not required.

Course Content	Notes
(ii) Destructive distillation of coal—Coal-gas and by-products,	Description of the gas works not required; but mention should be made of the different stages—distillation, removal of tar and ammonia, removal of hydrogen sulphide.
Destructive distillation of wood; only products are to be mentioned.	D—Chart.
(ii) Products of fractional distillation of petroleum.	
(2) Hydrocarbons.	
Preparation of methane, ethylene and acetylene, Properties, saturated and uasaturated compound, substitution and addition products.	
Homologous series: illustration.	
3. Halogen derivation of hydrocarbon—examples: Chloroform, iodoform, ethylene dibromide are such compounds.	Preparation or reactions of these compounds are not required.
4. Methyl alcohol (preparation from wood distillation products). Ethyl alcohol (preparation from glucose)—methylated spirit.	
Structural formulae of alcohols, alcoholic hydroxyl group (with reference to the action of hydrochloric acid, sulphuric acid, organic acids, phosphorus pentachloride, and oxidising agents).	Detailed study of these reaction not required. D—Chart to show the relationship between different classes of organic compounds.
Glycerol is an alcohol.	

Course Content	Notes
5. Formaldehyde (preparation). Formalin. bakelite; plastics, acetaldehyde (formulæ.)	
(i) Acetone (Preparation from wood distillation product).	Reactions of aldehydes and Ketones not required. They are to be read only as products of oxidation of alcohols and products of reduction of acids.
Structural formulæ of Aldehydes and Ketones.	
6. Formic and acetic acids—Preparation, Structural formuæ.	Chemistry of these acids or their structural fomulæ not required.
Some organic acid of every-day use (*e. g.*, oxalic, citric, trataric).	
7. Yeast—Preparation; hydrolysis, Essences, Fats and oils; soap.	
8. Cellulose and starch. Importance of cellulose products in the arts and industries.	Only a popular treatment in outline is required.
Sucrose and glucose.	
9. Products of distillation of coal tar. Peculiarity of benzene and its homologues, Some derivations of benzene, some dyes, antiseptics, medicinals etc. prepared from them.	
10, Food. — Proximate principles of food. Nutrition; balanced diet. Vitamins. Digestion.	Only a popular treatment in outline is required.

সূচীপত্র

প্রথম অধ্যায় : রাসায়নিক তুল্যাংকভার ... 1
দ্বিতীয় অধ্যায় : পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় ... 34
তৃতীয় অধ্যায় : তড়িদ্‌-বিশ্লেষণ বা ইলেক্‌ট্রোলিসিস ... 46
চতুর্থ অধ্যায় : অ্যাসিড ও বেস বা ক্ষারক ... 91
পঞ্চম অধ্যায় : পরমাণুর পরিচয় ও গঠন ... 102
ষষ্ঠ অধ্যায় : ইলেক্‌ট্রন ও যোজ্যতা ... 125
সপ্তম অধ্যায় : জারণ ও বিজারণ ... 143
অষ্টম অধ্যায় : ধাতু : পরিচয়, নিষ্কাশন ও সাধারণ ধর্ম ... 155
নবম অধ্যায় : ক্ষারীয় ধাতু সোডিয়াম ... 190
দশম অধ্যায় : ক্ষারীয় মৃত্তিকা ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম 234
একাদশ অধ্যায় : কপার বা তাম্র ... 255
দ্বাদশ অধ্যায় : জিংক বা দস্তা ... 274
ত্রয়োদশ অধ্যায় : অ্যালুমিনিয়াম ... 287
চতুর্দশ অধ্যায় : লেড বা সীসা ... 307
পঞ্চদশ অধ্যায় : আয়রন বা লোহা ... 322
ষোড়শ অধ্যায় : অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি বা
অ্যাসিডিমেট্রি ও অ্যালকালিমেট্রি ... 350

জৈব রসায়ন

প্রথম অধ্যায় : ইতিহাস ও ভূমিকা ... 391
দ্বিতীয় অধ্যায় : জ্বালানী বা ফুয়েল ... 398
তৃতীয় অধ্যায় : কার্বন যৌগের গঠন, প্রকৃতি, উৎস ও শ্রেণী বিভাগ 417
চতুর্থ অধ্যায় : প্যারাফিন বা সংপৃক্ত ও অসংপৃক্ত হাইড্রোকার্বন 429
পঞ্চম অধ্যায় : অ্যালকোহল বা কোহল ... 455
ষষ্ঠ অধ্যায় : অ্যালডিহাইড ও কিটোন ... 471
সপ্তম অধ্যায় : কার্বকসিলিক বা ফ্যাটি অ্যাসিড ... 483
অষ্টম অধ্যায় : এস্টার : স্নেহ, তেল ও সাবান ... 496
নবম অধ্যায় : কার্বোহাইড্রেট : চিনি, স্টার্চ ও সেলুলুজ ... 505
দশম অধ্যায় : আল্‌কাতরার পাতন ও অ্যারোম্যাটিক যৌগ 512
একাদশ অধ্যায় : খাদ্য ও পুষ্টি ... 529
দ্বাদশ অধ্যায় : মৌলিক পদার্থের পর্যায় সারণী বা Periodic Table 540
H. S. Exam. Questions (1960 to 1965) ... 1—32

১

রাসায়নিক তুল্যাংকভার

তুল্যাংকভারের কল্পনা প্রথম প্রবর্তন করেন জার্মান বিজ্ঞানী রিকটার (Ricter)। তুল্যাংকভারকে যোজনভারও বলা হয়। ইংরেজী প্রতিশব্দ অনুযায়ী তুল্যাংকভারকে **ইকুইভ্যালেন্ট ওয়েট** (Equivalent weight) এবং যোজনভারকে **কম্বাইনিং ওয়েট** (Combining weight) বলা হয়। কি পরিমাণ ওজনে দুইটি মৌল (element) পরস্পরে যুক্ত হইয়া যৌগ (compound) গঠন করে তাহা নির্দেশ করে রিকটার প্রবর্তিত মিথোনুপাত সূত্র বা **রেসিপ্রোক্যাল প্রপোরশন সূত্র** (Law of Reciprocal Proportions)। যে অনুপাতে দুইটি মৌল পরস্পরে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে সেই আনুপাতিক ওজনকে বলা হয় পদার্থ দুইটির তুল্যাংকভার বা যোজনভার। সুতরাং তুল্যাংকভারের কল্পনা প্রত্যক্ষভাবে মিথোনুপাত সূত্র হইতে অনুসৃত। সেজন্য তুল্যাংকভার সম্বন্ধে আলোচনার পুর্বে মিথোনুপাত সূত্র সম্বন্ধে সম্যক্ ধারণা প্রয়োজন।

মিথোনুপাত সূত্র অথবা তুল্যাংকভার সূত্র বা যোজনভার সূত্র

Law of Reciprocal Proportions or Law of Equivalent or Combining weights

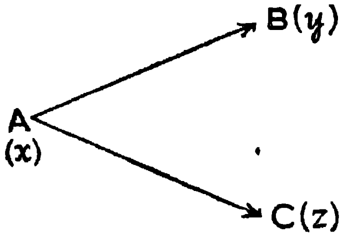
1792 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী রিকটার মিথোনুপাত সূত্র বা বেসিপ্রোক্যাল প্রোপোরশন সূত্রটি প্রথম রচনা করেন। দুইটি মৌল কি পরিমাণে পরস্পরে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে, এই সূত্রটি তাহা নির্দেশ করে বলিয়া ইহাকে যোজনভার সূত্র বা কম্বাইনিং ওয়েট সূত্রও (Law of combining weights) বলা হয়। যোজনভার ও তুল্যাংকভারের একই তাৎপর্য। সুতরাং বলা যায়, বিভিন্ন মৌল তুল্যাংকভার পরিমাণে পরস্পরে মিলিত হইয়া যৌগ গঠন করে। সেজন্য এই সূত্রটিকে তুল্যাংকভার সূত্র বা ইকুইভ্যালেন্ট ওয়েট সূত্রও (Law of Equivalent weights) বলা হয়। স্থিরানুপাত সূত্র বা গুণানুপাত সূত্রের ন্যায় মিথোনুপাত সূত্রও মৌলের পারস্পরিক

সংযোগ-বিধি-নির্দেশকারী আরেকটি রাসায়নিক সংযোগ সূত্র (Law of Chemical combination)।

মিথোনুপাত সূত্র (Law of Reciprocal Proportions):

যে যে ওজনে দুইটি বা তাহার বেশি মৌল পৃথক্‌ভাবে নির্দিষ্ট ওজনের অন্য কোন মৌলের সঙ্গে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে, সেই মৌলগুলি পরস্পরে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করিলে ঠিক সেই সেই ওজনে অথবা এরূপ ওজনের সরল গুণিতকের (simple multiples) অনুপাতে যুক্ত হয়।

মনে কর, দুইটি মৌল B ও C পৃথক্ ভাবে অন্য একটি মৌল A-এর সঙ্গে যুক্ত হইয়া AB ও AC যৌগ গঠন করে। আরও মনে কর, A-এর ওজন x-গ্রাম, B-এর ওজন y-গ্রাম এবং C-এর ওজন z-গ্রাম। সুতরাং y-গ্রাম B এবং z-গ্রাম C একই নির্দিষ্ট ওজনের x-গ্রাম A-এর সঙ্গে যুক্ত হয়। সূত্র অনুযায়ী B ও C যখন পরস্পরে যুক্ত হইয়া BC যৌগ গঠন করে তখন y-গ্রাম B যুক্ত হয় z-গ্রাম C-র সঙ্গে, অথবা $n \times y$ গ্রাম B যুক্ত হয় $m \times z$ গ্রাম C-র সঙ্গে। [শেষোক্ত ক্ষেত্রে n ও m দুইটি সরল সংখ্যা।]



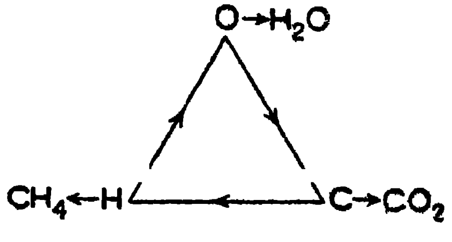
অর্থাৎ সূত্র অনুযায়ী B এবং C মৌলের ওজনের অনুপাত হইবে $B : C = y : z$ অথবা $n \times y : m \times z$

উদাহরণ 1: মৌল হাইড্রোজেন (H), অক্সিজেন (O) এবং কার্বন (C) পরস্পরে সংযুক্ত হইয়া জল (H_2O), কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) এবং মিথেন অণু (CH_4) গঠন করে। যথা:

(*i*) হাইড্রোজেন (H) + অক্সিজেন (O) → জল (H_2O)

(*ii*) কার্বন (C) + অক্সিজেন (O) → কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2)

(*iii*) হাইড্রোজেন (H) + কার্বন (C) → মিথেন (CH_4)



এই মৌল তিনটি কিরূপ ওজনে পরস্পরে মিলিত হয় তাহা বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায়:

(i) 2 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন 16 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া গঠন করে জল অণু (H_2O) ,

অথবা, 1 ভাগ ওজনের H, 8 ভাগ ওজনের O-এর সঙ্গে যুক্ত হইয়া গঠন করে জল অণু ,

(ii) 12 ভাগ ওজনের কার্বন 32 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া গঠন করে কার্বন ডাই-অক্সাইড অণু (CO_2) ;

অথবা, 3 ভাগ ওজনের C, 8 ভাগ ওজনের O-এর সঙ্গে যুক্ত হইয়া গঠন করে কার্বন ডাই-অক্সাইড অণু ,

(iii) আবার, 4 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন 12 ভাগ ওজনের কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া গঠন করে মিথেন অণু (CH_4) ,

অথবা, 1 ভাগ ওজনের H, 3 ভাগ ওজনের C-এর সঙ্গে যুক্ত হইয়া গঠন করে মিথেন অণু ।

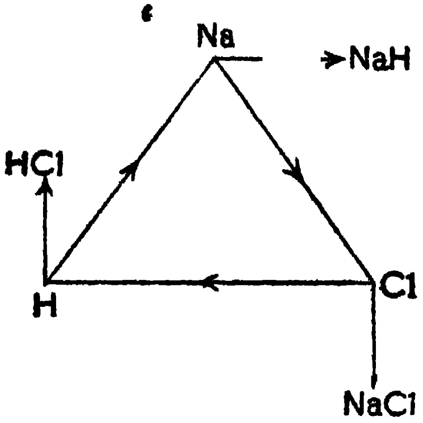
বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের ওজনেব বিশ্লেষণে জানা যায় :

(ক) 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনকে নির্দিষ্ট ধরা হইলে দেখা যায় 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন যুক্ত হইয়া গঠন করে জল অণু (H_2O) এবং 3 ভাগ ওজনের কার্বন গঠন করে মিথেন অণু (CH_4)। সুতরাং সূত্র অনুযায়ী 3 ভাগ ওজনের কার্বন 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যৌগ গঠন করিবে। যথার্থই দেখা যায়, কার্বন ডাই-অক্সাইড যৌগে (CO_2) কার্বন ও অক্সিজেনের অনুপাত $C : O = 3 : 8$.

(খ) 3 ভাগ ওজনের কার্বনকে নির্দিষ্ট ধরা হইলে 3 ভাগ ওজনের কার্বনের সংগে 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন অণু মিথেন (CH_4) এবং 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) অণু গঠন করে। সুতরাং সূত্র অনুযায়ী 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যৌগ গঠন করিবে। জলেব অণুতে (H_2O) যথার্থই দেখা যায় যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাত $H : O = 1 : 8$

(গ) 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনকে নির্দিষ্ট ধরা হইলে ইহার সঙ্গে 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন জল অণু (H_2O) এবং 3 ভাগ ওজনের কার্বন যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড অণু (CO_2) গঠন করে। সুতরাং সূত্র অনুযায়ী 3 ভাগ কার্বন ও 1 ভাগ হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করিবে।

মিথেন যৌগে (CH_4) যথার্থই দেখা যায় যে কার্বন ও হাইড্রোজেনের অনুপাত C : H=3 : 1



2. মৌলিক পদার্থ হাইড্রোজেন (H), সোডিয়াম (Na) এবং ক্লোরিন (Cl) পরস্পরে যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl), সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl) এবং সোডিয়াম হাইড্রাইড (NaH) যৌগ গঠন করে। পর পর হাইড্রোজেন, সোডিয়াম ও ক্লোরিনকে নির্দিষ্ট ওজনের মৌল ধরিয়া কিভাবে বিভিন্ন যৌগ গঠনে মিথোনুপাত সূত্র প্রমাণ করা যায় তাহা দেখানো হইল।

নির্দিষ্ট ওজনের মৌল	মৌলের একাধিক যৌগ গঠন
(ক) **হাইড্রোজেন**	হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl)
(1 ভাগ ওজন)	সোডিয়াম হাইড্রাইড (NaH)

মৌলের ভৌলিক অনুপাত	সম্ভাব্য যৌগে মৌলের অনুপাত
H : Cl=1 : 35·5 H : Na=1 : 23	Na : Cl=23 : 35·5

সোডিয়াম ও ক্লোরিনের যৌগ সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl) বিশ্লেষণে যথার্থই দেখা যায় যে সোডিয়াম ও ক্লোরিনের ভৌলিক অনুপাত Na : Cl=23 : 35·5.

(খ) **সোডিয়াম**	সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl)
(23 ভাগ ওজন)	সোডিয়াম হাইড্রাইড (NaH)

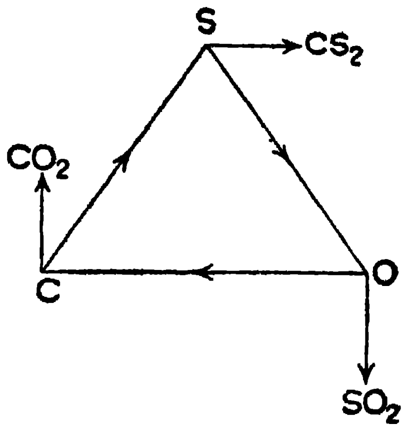
মৌলের ভৌলিক অনুপাত	সম্ভাব্য যৌগে মৌলের অনুপাত
Na : Cl=23 : 35·5 Na : H=23 : 1	H : Cl=1 : 35·5

হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের যৌগ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl) বিশ্লেষণে যথার্থই দেখা যায় যে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের ভৌলিক অনুপাত H : Cl= 1 : 35·5.

(গ) **ক্লোরিন**	হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl)
(35·5 ভাগ ওজন)	সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl)

মৌলের তৌলিক অনুপাত	সম্ভাব্য যৌগে মৌলের অনুপাত
$H : Cl = 1 : 35{\cdot}5$ $Na : Cl = 23 : 35{\cdot}5$	$Na : H = 23 : 1$

সোডিয়াম ও হাইড্রোজেন যৌগ সোডিয়াম হাইড্রাইড (NaH) বিশ্লেষণে যথার্থই দেখা যায় যে সোডিয়াম ও হাইড্রোজেনের তৌলিক অনুপাত $Na : H = 23 : 1$



3. কার্বন (C), সালফার (S) এবং অক্সিজেন (O) পরস্পর যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-সালফাইড (CS_2) ; কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) এবং সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) গঠন করে। পরস্পর কার্বন, সালফার ও অক্সিজেনকে নির্দিষ্ট ওজনের মৌল ধরিয়া কিভাবে বিভিন্ন যৌগ গঠনে মিথোনুপাত সূত্র প্রমাণ করা যায় নিচে তাহা দেখান হইল :

নির্দিষ্ট ওজনের মৌল	মৌলের একাধিক যৌগ গঠন
(ক) কার্বন (3 ভাগ ওজনের)	কার্বন ডাই-সালফাইড (CS_2) কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2)

মৌলের তৌলিক অনুপাত	সম্ভাব্য যৌগে মৌলের অনুপাত
$C : S = 3 \quad 16$ $C : O = 3$	$S : O = 16 : 8$

সালফার ও অক্সিজেনের যৌগ সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) বিশ্লেষণে দেখা যায় যে সালফার ও অক্সিজেনের তৌলিক অনুপাত $S : O = 8 : 8$; এইরূপ অনুপাতকে অন্যভাবে লিখিলে $S : O = 8 : 8$ বা $16 : 16$ বা $16 : 2 \times 8$; এখানে 2 একটি সরল গুণিতক (simple multiple)।

নির্দিষ্ট ওজনের মৌল	মৌলের একাধিক যৌগ গঠন
(খ) অক্সিজেন (8 ভাগ ওজন)	কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2)

মৌলের তৌলিক অনুপাত	সম্ভাব্য যৌগে মৌলের অনুপাত
$C : O = 3 : 8$ $S : O = 8 : 8$	$C : S = 3 : 8$

কার্বন ও সালফারের যৌগ কার্বন ডাই-সালফাইড (CS_2) বিশ্লেষণে দেখা যায়, কার্বন ও সালফারের ভৌলিক অনুপাত $C : S = 3 : 16$, অর্থাৎ, $C : S = 3 : (2) \times 8$; এখানে 2, সালফারের ওজনের একটি সরল গুণিতক।

নির্দিষ্ট ওজনের মৌল	মৌলের একাধিক যৌগ গঠন
(খ) সালফার	কার্বন ডাই-সালফাইড (CS_2)
(16 ভাগ ওজন)	সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2)

মৌলের ভৌলিক অনুপাত	সম্ভাব্য যৌগে মৌলের অনুপাত
$C : S = 3 : 16$	$C : O = 3 : 16$.
$O : S = 16 : 16$	অথবা $C : O = 3 : 2 \times 8$

কার্বন ও অক্সিজেনের যৌগ কার্বন ডাই-অক্সাইডের (CO_2) বিশ্লেষণে দেখা যায় কার্বন ও অক্সিজেনের ভৌলিক অনুপাত $C : O = 3 : 8$, এরূপ অনুপাতকে সম্ভাব্য যৌগ অনুযায়ী লিখিলে $C : O = 3 : 8 = 6 : 16 = (2) \times 3 : 16$ এখানে 2 কার্বনের ওজনের একটি সরল গুণিতক।

4. হাইড্রোজেন (H)—অক্সিজেন (O), কার্বন (C), সালফার (S), ক্লোরিন (Cl), সোডিয়াম (Na), ক্যালসিয়াম (Ca) ইত্যাদি মৌলের সঙ্গে বিভিন্ন যৌগ গঠন করে। এই যৌগগুলি বিশ্লেষণে দেখা যায় :

হাইড্রোজেনের যৌগ	যৌগে মৌলের ভৌলিক অনুপাত	হাইড্রোজেনের নির্দিষ্ট ওজন
জল (H_2O)	$H : O = 1 : 8$	1
মিথেন (CH_4)	$H : C = 1 : 3$	1
হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S)	$H : S = 1 : 16$	1
হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl)	$H : Cl = 1 : 35·5$	1
সোডিয়াম হাইড্রাইড (NaH)	$H : Na = 1 : 23$	1
ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড (CaH_2)	$H : Ca = 1 : 20$	1

অক্সিজেন, কার্বন, সালফার, ক্লোরিন, সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম ইত্যাদি মৌলগুলি নির্দিষ্ট 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যৌগ গঠন করে যথাক্রমে 8, 3, 16, 35·5, 23 এবং 20 ভাগ ওজনের অনুপাতে। সুতরাং মিথোহনুপাত সূত্র অনুযায়ী এই মৌলগুলি যদি পরস্পরে যৌগ গঠনে সক্ষম হয় তাহা হইলে

যে ওজনের অনুপাতে ইহারা হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় ঠিক সেই ওজনের অনুপাতে অথবা ইহাদের গুণিতকের অনুপাতে পরস্পরে যৌগ গঠন করিবে। নিম্নে লিখিত যৌগগুলি বিশ্লেষণে ইহাই প্রমাণিত হয়। যথা :

মৌলগুলির বিভিন্ন যৌগ	**যৌগে মৌলের মৌলিক অনুপাত**	**যৌগে মৌলের গুণিতক অনুপাত**
কার্বন ডাই-অক্‌সাইড (CO_2)	C : O = 3 : 8	...
কার্বন ডাই-সালফাইড (CS_2)	C : S = 3 : 16	...
সালফার ডাই-অক্‌সাইড (SO_2)	S : O = 16 : 16	16 : (2) × 8
সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl)	Na : Cl = 23 : 35·5	...
ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$)	Ca : Cl = 20 : 35·5	...
ক্যালসিয়াম সালফাইড (CaS)	Ca : S = 20 : 16	...
ক্যালসিয়াম অক্‌সাইড (CaO)	Ca : O = 20 : 8	.
সোডিয়াম অক্‌সাইড (Na_2O)	Na : O = 23 : 8	...

তুল্যাংকভার বা যোজনভার

(Equivalent or Combining weights)

মিথোনুপাত সূত্রের উদাহরণগুলি বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায় যে 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যে যে ওজনের বিভিন্ন মৌলগুলি যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে ঠিক সেই সেই ওজনে (অথবা উহাদের গুণিতকের অনুপাতে) সেই মৌলগুলি পরস্পরে যুক্ত হইয়া বিভিন্ন যৌগ গঠন করে। পরস্পরে যুক্ত হইবার এরূপ ওজনগুলি ঐ সকল মৌলের তুল্যাংকভার।

উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, জলের অণুতে (H_2O) হাইড্রোজেন ও অক্‌সিজেনের অনুপাত তথা H : O = 2 : 16 = 1 : 8, হাইড্রোজেনের যোজ্যতা 1 এবং পারমাণবিক ওজন 1, পক্ষান্তরে অক্‌সিজেনের যোজ্যতা 2 এবং পারমাণবিক ওজন 16, সুতরাং একাংশিক যোজ্যতার জন্য হাইড্রোজেনের ওজন 1 এবং অক্‌সিজেনের ওজন 8, সেইরূপ মিথেন অণুতে (CH_4) কার্বন ও হাইড্রোজেনের অনুপাত তথা C : H = 12 : 4 = 3 : 1, অর্থাৎ একাংশিক যোজ্যতার জন্য হাইড্রোজেনের ওজন 1 এবং কার্বনের ওজন 3 ; সুতরাং দেখা যায় যে, একাংশিক যোজ্যতা অনুযায়ী 8 ভাগ ওজনের

অক্‌সিজেন 1 ভাগ হাইড্রোজেনের অনুপাতে যুক্ত হইয়া জল অণু এবং 3 ভাগ কার্বন 1 ভাগ হাইড্রোজেনের অনুপাতে মিথেন অণু গঠন করে।

যোজনভার বা তুল্যাংকভারের কল্পনা মিথোনুপাত সূত্রের প্রত্যক্ষ অবদান। কিরূপ অনুপাতে বিভিন্ন মৌল পরস্পবে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে তাহা নির্দেশ করে তুল্যাংকভার বা যোজনভার।

বিভিন্ন মৌলের যোজ্যতা ও পারমাণবিক ওজন বিভিন্ন। একাংশিক যোজ্যতার জন্য বিভিন্ন মৌলের ওজনেব যে তুলনামূলক বিভিন্ন সংখ্যা পাওয়া যায় তাহাই বিভিন্ন মৌলের তুল্যাংকভার বা ইকুইভ্যালেণ্ট ওয়েট। অর্থাৎ **ইকুইভ্যালেণ্ট ওয়েটের অর্থ একাংশিক যোজ্যতানুযায়ী মৌলের ওজন**। তুল্যাংকভাবের এই তাৎপর্য সাধারণ ভাবে লেখা যায়:

$$\text{যোজনভার বা তুল্যাংকভার} = \frac{\text{মৌলেব পারমাণবিক ওজন}}{\text{যোজ্যতা}}$$, যথা:

মৌল	**তুল্যাংকভার**	**মৌল**	**তুল্যাংকভার**
হাইড্রোজেন (H)	$\frac{1}{1}=1$	অক্‌সিজেন (O)	$\frac{16}{2}=8$
ক্লোরিন (Cl)	$\frac{35·5}{1}=35·5$	সোডিয়াম (Na)	$\frac{23}{1}=23$
ক্যালসিয়াম (Ca)	$\frac{40}{2}=20$	ম্যাগনেসিয়াম (Mg)	$\frac{24}{2}=12$
অ্যালুমিনিয়াম (Al)	$\frac{27}{3}=9$	কার্বন (C)	$\frac{12}{4}=3$

তুল্যাংকভার বা যোজনভারের (Equivalent or Combining weights) **সংজ্ঞা:** প্রায় সমস্ত মৌলই হাইড্রোজেন, অক্‌সিজেন বা ক্লোরিনের সঙ্গে যৌগ গঠন করে। একাংশিক যোজ্যতার জন্য এই মৌল তিনটির ওজন যথাক্রমে 1 (সঠিক 1·008), 8 এবং 35·5 ; সুতরাং ব্যবহারিক নির্ণয়ের সুবিধার জন্য তুল্যাংকভারের সংজ্ঞা নির্দেশ করিয়া বলা হয়:

1 ভাগ (সঠিক 1·008 ভাগ) ওজনের হাইড্রোজেন বা 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন অথবা 35·5 ভাগ ওজনের ক্লোরিন যত ভাগ ওজনের কোন মৌলের সঙ্গে যুক্ত হয় অথবা ইহাকে প্রতিস্থাপিত করে, মৌলের সেই ওজন-সংখ্যাকে ইহার তুল্যাংকভার বা যোজনভার অথবা ইকুইভ্যালেণ্ট ওয়েট বা কম্বাইনিং ওয়েট বলা হয়।

1 ভাগ হাইড্রোজেন অথবা 8 ভাগ অক্সিজেন বা 35.5 ভাগ ক্লোরিনের সঙ্গে কিরূপ ওজনে বিভিন্ন মৌল যুক্ত হয়, বিভিন্ন যৌগের তৌলিক বিশ্লেষণে তাহা জানা যায়। যথা :

(i) হাইড্রোজেনের বিভিন্ন যৌগের তৌলিক বিশ্লেষণে দেখা যায় :

1ভাগ হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়

(i) 8 ভাগ O : যৌগ H_2O
(ii) 23 ভাগ Na : যৌগ NaH
(iii) 20 ভাগ Ca : যৌগ CaH_2
(iv) 35.5 ভাগ Cl : যৌগ HCl
(v) 127 ভাগ I : যৌগ HI
(vi) 16 ভাগ S : যৌগ H_2S
(vii) 3 ভাগ C : যৌগ CH_4

(ii) অক্সিজেনের বিভিন্ন যৌগের তৌলিক বিশ্লেষণে দেখা যায় :

8ভাগ অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়

(i) 1 ভাগ H : যৌগ H_2O
(ii) 20 ভাগ Ca : যৌগ CaO
(iii) 12 ভাগ Mg : যৌগ MgO
(iv) 32.6 ভাগ Zn : যৌগ ZnO
(v) 3 ভাগ C : যৌগ CO_2

(iii) ক্লোরিনের বিভিন্ন যৌগের তৌলিক বিশ্লেষণে দেখা যায় :

35.5 ভাগ ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হয়

(i) 1 ভাগ H : যৌগ HCl
(ii) 12 ভাগ Mg : যৌগ $MgCl_2$
(iii) 20 ভাগ Ca : যৌগ $CaCl_2$
(iv) 9 ভাগ Al : যৌগ $AlCl_3$

সুতরাং, সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম, আয়োডিন, ম্যাগনেসিয়াম, জিংক, কার্বন, অ্যালুমিনিয়াম ইত্যাদির তুল্যাংকভার যথাক্রমে 23, 20, 127, 12, 32.6, 3, 9 ইত্যাদি।

তুল্যাংকভার ও গ্রাম তুল্যাংকভার (Equivalent and Gram-Equivalent weight): পারমাণবিক ওজন একটি তুলনামূলক সংখ্যা মাত্র। অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন 16 এবং ম্যাগনেসিয়ামের 24; ইহার অর্থ—একটি অক্সিজেন পরমাণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর তুলনায় 16 গুণ ভারী এবং একটি ম্যাগনেসিয়াম পরমাণু 24 গুণ ভারী। সেইরূপ

তুল্যাংকভারও একটি তুলনামূলক সংখ্যা মাত্র। যথা: হাইড্রোজেন, অক্সিজেন বা ক্যালসিয়ামের তুল্যাংকভার যথাক্রমে 1, 8 এবং 20.

গ্রাম হিসাবে লিখিতে হইলে তুল্যাংকভারকে বলা হয় গ্রাম তুল্যাংক। যথা: হাইড্রোজেন, অক্সিজেন বা ক্যালসিয়ামের গ্রাম তুল্যাংকভার যথাক্রমে 1 গ্রাম, 8 গ্রাম এবং 20 গ্রাম।

একই মৌলের একাধিক তুল্যাংকভার (Variable Equivalent weights of an Element): **যে সমস্ত মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা বা ভ্যালেন্সী একাধিক তাহাদের তুল্যাংকভারও একাধিক**। যখন কোন মৌল অপর কোন মৌলের সঙ্গে একাধিক যৌগ গঠন করে তখন সেই মৌলের তুল্যাংকভার হয় বিভিন্ন। এরূপ বিভিন্ন যৌগে মৌলের তৌলিক অনুপাত নির্ণয় করিয়া মৌলের পরিবর্তনক্ষম বা একাধিক তুল্যাংকভার স্থির করা যায়। যথা:

মৌলের একাধিক যৌগ	মৌলের ভৌলিক অনুপাত	মৌলের একাধিক তুল্যাংকভার
কিউপ্রাস ক্লোরাইড ($CuCl$)	Cu : Cl = 63·5 : 35·5	Cu = 63·5
কিউপ্রিক ক্লোরাইড ($CuCl_2$)	Cu : Cl = 31·75 : 35·5	Cu = 31·75
কার্বন মনোক্সাইড (CO)	C : O = 6 : 8	C = 6
কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2)	C : O = 3 : 8	C = 3
নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O)	N : O = 14 : 8	N = 14
নাইট্রিক অক্সাইড (NO)	N : O = 7 : 8	N = 7
নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড (N_2O_3)	N : O = 4·6 : 8	N = 4·6
নাইট্রোজেন টেট্রা-অক্সাইড (N_2O_4)	N : O = 3·5 : 8	N = 3·5
নাইট্রোজেন পেন্টা-অক্সাইড (N_2O_5)	N : O = 2·8 : 8	N = 2·8

৮. **মূলকের তুল্যাংকভার** (Equivalent weights of Radicals): মৌলের তুল্যাংকভারের সাহায্যে সহজেই মূলকের তুল্যাংকভার নির্ণয় করা যায়। 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন বা 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন

অথবা 35·5 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সঙ্গে যত ভাগ ওজনের মূলক (radical) যুক্ত হয় তাহাই সেই মূলকের তুল্যাংকভার। যথা:

যৌগ	ভৌলিক অনুপাতে গঠন	মূলকের তুল্যাংকভার
HNO_3	$H : NO_3 = 1 : 62$	$NO_3 = 62$
H_2SO_4	$H : SO_4 = 1 : 48$	$SO_4 = 48$
NH_4Cl	$NH_4 : Cl = 18 : 35{\cdot}5$	$NH_4 = 18$

[অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণের তুল্যাংকভারের সংজ্ঞা অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি অধ্যায়ে দ্রষ্টব্য।]

যোজনভার বা তুল্যাংকভার সূত্র (Law of Combining or Equivalent weights): মিথোনুপাত সূত্রটিকে তুল্যাংকভার বা যোজনভার অনুযায়ী বিকল্প প্রণালীতে বর্ণনা করিয়া বলা যায়:

বিভিন্ন মৌল নিজেদের তুল্যাংকভার বা যোজনভারের অনুপাতে পরস্পরে মিলিত হইয়া যৌগ গঠন করে।

যে কোন যৌগ বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায় যে উপাদানের তুল্যাংকভারের অনুপাতে যৌগটি গঠিত। সুতরাং সাধারণভাবে বলা যায়, উপাদানের তুল্যাংকভারের অনুপাতে যে-কোন যৌগ গঠিত হয়। যথা:

বিভিন্ন যৌগ	উপাদানের ভৌলিক অনুপাত	উপাদানের তুল্যাংকভার
$NaCl$	$Na : Cl = 23 : 35{\cdot}5$	$Na = 23$, $Cl = 35{\cdot}5$
MgO	$Mg : O = 12 : 8$	$Mg = 12$, $O = 8$
$CaCO_3$	$Ca : CO_3 = 20 : 30$	$Ca = 20$, $CO_3 = 30$
CH_4	$C : H = 3 : 1$	$C = 3$, $H = 1$

পারমাণবিক ওজন ও তুল্যাংকভার (Atomic weight and Equivalent weight): কোন মৌলের যোজ্যতা জানা থাকিলে উহার তুল্যাংকভার নির্ণয় করিয়া সহজেই মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা যায়।

যথা: $$\text{মৌলের তুল্যাংকভার} = \frac{\text{মৌলের পারমাণবিক ওজন}}{\text{মৌলের যোজ্যতা}}.$$

$$\therefore \text{ মৌলের পারমাণবিক ওজন} = \text{মৌলের তুল্যাংকভার} \times \text{মৌলের যোজ্যতা}$$

মৌলের তুল্যাংকভার	মৌলের যোজ্যতা	মৌলের পারমাণবিক ওজন
$Mg = 12$	2	$Mg = 2 \times 12 = 24$
$Al = 9$	3	$Al = 9 \times 3 = 27$
$Ca = 20$	2	$Ca = 2 \times 20 = 40$

মৌলের তুল্যাংকভার নির্ণয়

(Determination of Equivalent Weights)

নিম্নলিখিত পদ্ধতিতে ধাতু (metal) ও অধাতুর (non metal) তুল্যাংকভার নির্ণয় করা হয়।

1. ধাতব মৌলের তুল্যাংকভার নির্ণয়ের পদ্ধতি :

(i) অ্যাসিড, ক্ষার ও জল হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিয়া,

(ii) ধাতুকে, অকসাইড যৌগে জারিত বা অকসাইড যৌগকে ধাতুতে বিজারিত করিয়া,

(iii) ক্লোরাইড যৌগ গঠন অথবা ক্লোরাইড যৌগ হইতে ক্লোরিন বিযুক্ত করিয়া,

(iv) ধাতু দ্বারা ধাতু প্রতিস্থাপিত করিয়া,

(v) তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংকভার নির্ণয় করিয়া, [তড়িৎ বিশ্লেষণ অধ্যায় দ্রষ্টব্য]

(vi) অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রশমন পদ্ধতি প্রয়োগ করিয়া। [অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি অধ্যায় দ্রষ্টব্য]

2. অধাতব মৌলের তুল্যাংকভার :

(i) অধাতব মৌলের সঙ্গে হাইড্রোজেন সংযোজন বা বিয়োজন পদ্ধতিতে,

(ii) অধাতব মৌলের অকসাইড যৌগ গঠন পদ্ধতিতে,

(iii) অধাতব মৌলের ক্লোরাইড গঠন পদ্ধতিতে।

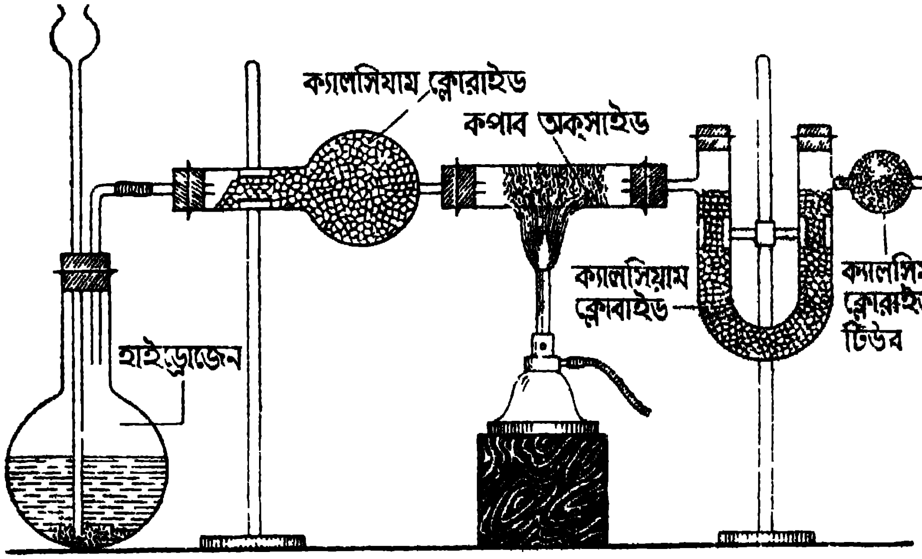
1. অধাতুর তুল্যাংকভার নির্ণয়

(Equivalent wt. of Non-metal)

1. **অক্সাইডের গঠন পদ্ধতি** (Formation of oxides) : তপ্ত কপার অক্সাইডের উপরে হাইড্রোজেন চালাইয়া **বিজ্ঞানী ডুমা** (Duma) হাইড্রোজেন অক্সাইড, তথা জল তৈরী করেন এবং জল কত ভাগ হাইড্রোজেন ও কত ভাগ অক্সিজেন দ্বারা গঠিত তাহাও নির্ণয় করেন [প্রা. র —১ম খণ্ড দ্রষ্টব্য]। বিশুদ্ধ অক্সিজেনের মধ্যে কার্বন দগ্ধ করিয়া তিনি কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী করেন এবং এইভাবে কত ভাগ অক্সিজেনের সঙ্গে কত ভাগ কার্বন যুক্ত হয় তাহাও নির্ণয় করেন। ডুমার পদ্ধতি অনুযায়ী জল ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের তৌলিক গঠনের (gravimetric or composition by weight) পরীক্ষা সরলভাবে পুনরাবৃত্তি করিয়া অক্সিজেন ও কার্বনের তুল্যাংকভার নির্ণয় করা যায়।

(1) অক্সিজেনের তুল্যাংকভার (Equivalent wt. of oxygen)

পরীক্ষা (Expt.) : একটি কাচের দহন-নল (conbustion tube) লও ইহার মধ্যে অল্প পরিমাণে কালো কপার অক্সাইড (CuO) ভর। কপার অক্সাইড-সহ নলটির ওজন লও। গলিত (fused) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-ভরা একটি U-নলের ওজন লও এবং ইহা দহন-নলের ডান পাশে ফিট কর। ইহার ডানপাশে বায়ুর বাষ্প প্রবেশের পথ বন্ধ করার জন্য ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-(fused) ভরা আরেকটি রক্ষক-নল (guard tube) বিনা ওজনে ফিট কর। দহন নলের বাম পাশে ওজন না করিয়া হাইড্রোজেনে মিশ্রিত বাষ্প শোষণের উদ্দেশ্যে আরেকটি গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-ভরা বালব্ ফিট কর। এখন দহন নলের বাম পাশ হইতে **বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন** চালাও। প্রথমে দহন-নলের বায়ু অপসারিত করিয়া নলটি হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা পুর্ণ কর। তারপরে একদিকে দহন-নলের মধ্যে **শুষ্ক** ও **বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন** গ্যাস চালাইয়া যাও এবং অপর দিকে দহন-নলটি দহন-চুল্লীর (combustion burner) উচ্চ তাপে উত্তপ্ত কর। হাইড্রোজেন গ্যাস (H_2) উত্তপ্ত কপার অক্সাইডকে (CuO) বিজারিত করিয়া ধাতব কপার (Cu) ও জল (H_2O) তৈরী করে।



অক্সিজেনের তুল্যাংকভার নির্ণয়ের পরীক্ষা

যথা : $CuO+H_2=Cu+H_2O$

U-নলের ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড এই সদ্য উৎপন্ন জলীয় বাষ্প (H_2O) শোষণ করে। কপার অক্সাইডকে সম্পূর্ণভাবে ধাতব কপার রূপে বিজারিত

করার পরে হাইড্রোজেন (H_2) গ্যাস চালাইয়া দহন-নলটি ঠাণ্ডা কর এবং ইহার ওজন লও। উভয় ওজন স্থির না হওয়া পর্যন্ত পরীক্ষার পুনরাবৃত্তি করিতে হইবে। এখন নিম্নরূপে অক্সিজেনের তুল্যাংকভার গণনা কর :

পরীক্ষার আগে CuO + দহন-নলের যুক্ত ওজন = W_1 গ্রাম
পরীক্ষার পরে Cu + দহন-নলের যুক্ত ওজন = W_3 গ্রাম
∴ অক্সিজেনের ওজন = $(W_1 - W_3)$ গ্রাম
পরীক্ষার আগে U-নলের ওজন = W_2 গ্রাম
পরীক্ষার পরে জল + U নলের ওজন = W_4 গ্রাম
∴ জলের (H_2O) ওজন = $(W_4 - W_2)$ গ্রাম

জলের ওজন হইতে অক্সিজেনের ওজন বাদ দিলে হাইড্রোজেনের ওজন পাওয়া যাইবে = $[(W_4 - W_2) - (W_1 - W_3)]$ গ্রাম ,

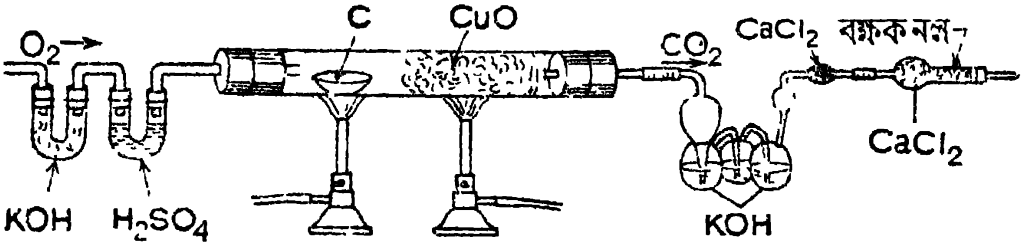
সুতরাং অক্সিজেনের তুল্যাংকভার

$$=\frac{\text{অক্সিজেনের ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের ওজন}}=\frac{(W_1 - W_3)}{(W_4 - W_2) - (W_1 - W_3)}$$

বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায়, হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 1·008 ধরিয়া সেই অনুপাতে অক্সিজেনের তুল্যাংকভার = 8

(11) কার্বনের তুল্যাংকভার পরীক্ষা (Eq. wt. of Carbon)

একটি খালি পোরসেলিন **কোশা** বা **বোট** (boat) ওজন কর। কোশে অল্প পরিমাণ **শুষ্ক ও বিশুদ্ধ চিনির অঙ্গার** বা সুগার চারকোল (sugar charcoal) লও এবং কোষটি আবার ওজন কর। কোষটি একটি দহন-নলের মধ্যে ভর। দহন-নলের ডান পাশে কিছু শুষ্ক ও বিশুদ্ধ কপার অক্সাইড (CuO) ভর। ঘন কষ্টিক পটাস (KOH) দ্রবণ-ভরা একটি **পটাস বালব** বা **সোডালাইম**-ভরা U-নল লও এবং ইহার ডান পাশে একটি গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-ভরা নল ফিট কর। পটাস বালব্ ও $CaCl_2$-নলের যুক্ত ওজন লও।



কার্বনের তুল্যাংকভার নির্ণয়ের পরীক্ষা

বালবের ও নলের ডান মুখে গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-ভরা আরেকটি রক্ষক-নল (guard tube) ফিট কর। ইহাদের একত্রে এখন দহন-নলের ডান পাশে ফিট কর। দহন-নলের বাম পাশে পরপর কষ্টিক পটাস (KOH) এবং ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4)-ভরা অপর দুইটি U-নল ফিট কর। অক্সিজেনের সঙ্গে দহন-নলে যাতে কার্বন ডাই-অক্সাইড বা জলীয় বাষ্প প্রবেশ করিতে না পারে সেজন্য ইহা প্রতিরোধকরূপে ব্যবহার কর হয়। কষ্টিক পটাস্ ভরা U-নল কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড-ভরা নল জলীয় বাষ্প শুষিয়া লয়। দহন-নলে তাই শুধু অক্সিজেন প্রবেশ করে।

এখন প্রথমে কপার অক্সাইড উত্তপ্ত কর এবং বাম দিক হইতে দহন-নলে **শুষ্ক ও বিশুদ্ধ অক্সিজেন** চালাও এবং দহন নলটি বাম দিক হইতে ধীরে উচ্চ তাপে উত্তপ্ত কর।

অক্সিজেন দহন-নলের মধ্যে বোটে রক্ষিত কার্বনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত করে। যথা: $C+O_2=CO_2$, অক্সিজেনের স্বল্পতাহেতু যদি আংশিক পরিমাণে কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস তৈরী হয়, তাহা হইলে সেই গ্যাস (CO) তপ্ত কপার অক্সাইডের (CuO) ভিতর দিয়া প্রবাহিত হওয়ার সময় কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। যথা:

$$2C+O_2=2CO;\quad CO+CuO=Cu+CO_2$$

দহন-নলে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) নল হইতে বাহির হইয়া পটাস বাল্‌বে প্রবেশ করে এবং বালবের কষ্টিক পটাস দ্রবণ সমগ্র কার্বন ডাই-অক্সাইড শুষিয়া নেয়।

পটাস বাল্‌বের ডানপাশে একটি গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-ভরা টিউব সংযোগ করিতে হয় পটাস-বালব হইতে উৎক্ষিপ্ত বাষ্প শোষণের জন্য। পটাস বাল্‌বে যাহাতে বায়ুর জলীয় বাষ্প প্রবেশ করিতে না পারে তজ্জন্য ডান পাশে আরও একটি গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড পূর্ণ রক্ষক-নল-ফিট করা থাকে।

পরীক্ষার পরে পটাস বাল্‌ব ও $CaCl_2$ নলের ওজন লও। ওজন স্থির না হওয়া পর্যন্ত পরীক্ষার পুনরাবৃত্তি করা হয়। গণনা অনুরূপ:

পরীক্ষার আগে খালি কোশের ওজন $=W_1$ গ্রাম

পরীক্ষার আগে কোশ + কার্বনের ওজন $=W_2$ গ্রাম

∴ কার্বনের ওজন = $(W_2 - W_1)$ গ্রাম

পরীক্ষার আগে পটাস বালব ও $CaCl_2$-নলের ওজন = W_3 গ্রাম

পরীক্ষার পরে পটাস বাল্ব ও $CaCl_2$-নলের + CO_2-এর যুক্ত ওজন = W_4 গ্রাম

∴ কার্বন ডাই অক্সাইডের (CO_2) ওজন = $(W_4 - W_3)$ গ্রাম

কার্বন ডাই-অক্সাইডের (CO_2) ওজন হইতে কার্বনের (C) ওজন বাদ দিলে অক্সিজেনের ওজন পাওয়া যায়। সুতরাং অক্সিজেনের ওজন = $(W_4 - W_3) - (W_2 - W_1)$ গ্রাম।

অর্থাৎ $(W_4 - W_3) - (W_2 - W_1)$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় ($W_2 - W_1$) গ্রাম কার্বনের সঙ্গে। সুতরাং, 8 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয়:

$$\frac{(W_2 - W_1) \times 8}{(W_4 - W_3) - (W_2 - W_1)}$$ গ্রাম কার্বনের সঙ্গে

অতএব কার্বনের তুল্যাংকভার = $\dfrac{(W_2 - W_1) \times 8}{(W_4 - W_3) - (W_2 - W_1)}$

বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায় কার্বনের তুল্যাংকভার = 3

[পরীক্ষায় সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ কার্বন লওয়া হয় বলিয়া সমস্ত কার্বন দগ্ধ হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হইবে। যদি কোশে কোন ভস্ম থাকে তবে পরীক্ষার আগের কোশ ও কার্বনের যুক্ত ওজন হইতে কোশ ও ভস্মের যুক্ত ওজন বাদ দিয়া কার্বনের ওজন বাহির করিতে হইবে।]

গণনা : (1) 1·2 gms of carbon when burnt forms 4·4 gms of carbon dioxide. What is the equivalent wt. of carbon ?

কার্বনে (C) ওজন = 1·2 গ্রাম

কার্বনের ডাই-অক্সাইডের (CO_2) ওজন = 4·4 গ্রাম

∴ অক্সিজেনের ওজন = 4·4 − 1·2 = 3·2 গ্রাম

অর্থাৎ 3·2 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় 1·2 গ্রাম কার্বনের সঙ্গে

∴ 8 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় $\frac{1{\cdot}2 \times 8}{3{\cdot}2} = 3$ গ্রাম কার্বনের সঙ্গে

অর্থাৎ, কার্বনের তুল্যাংকভার = 3

(ii) ·36 gms of water is formed by passing dry hydrogen on 1·58 gms of heated copper oxide when 1·26 gms of copper is left after the experiment. Calculate the equivalent weights of copper and oxygen.

বিক্রিয়া : $CuO + H_2 = Cu + H_2O$

কপার অক্সাইডের ওজন = 1·58 গ্রাম ; কপারের ওজন = 1·26 গ্রাম

∴ অক্সিজেনের ওজন = 1·58 − 1·26 = ·32 গ্রাম

এই অক্সিজেন হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া জল গঠন করে = ·36 গ্রাম

সুতরাং হাইড্রোজেনের ওজন = (·36 − ·32) = ·04 গ্রাম

অর্থাৎ, ·04 গ্রাম হাইড্রোজেন (H_2) যুক্ত হয় ·32 গ্রাম অক্সিজেনের (O_2) সঙ্গে।

সুতরাং 1 গ্রাম হাইড্রোজেন যুক্ত হয় $\frac{\cdot 32}{\cdot 04} = 8$ গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে

∴ অক্সিজেনে তুল্যাংকভার = 8

আবার, ·32 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় 1·26 গ্রাম কপারের সঙ্গে

সুতরাং 8 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় $\frac{1\cdot 26}{\cdot 32} \times 8 = 31\cdot 5$ গ্রাম কপারের সঙ্গে

∴ কপারের তুল্যাংকভার = 31·5

II. ধাতুর তুল্যাংকভার

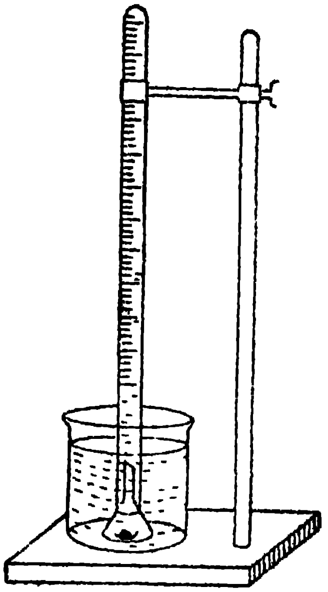
[Equivalent weights of Metal]

2. **হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন পদ্ধতি** (Hydrogen displacement method) : ধাতুর সঙ্গে লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের (HCl বা H_2SO_4) বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোজেন (H_2) গ্যাস তৈরী করা যায়। N. T. P-তে 1 c c. হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজন = ·00009 গ্রাম। ধাতুর সাহায্যে অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন (H_2) গ্যাস উৎপন্ন করিয়া ইহার আয়তন মাপা যায় এবং এই আয়তন N. T. P-তে কত হইবে তাহাও সংযুক্ত গ্যাসসূত্র প্রয়োগ করিয়া নির্ণয় করা যায়। এইভাবে কি পরিমাণ ওজনের ধাতু কত পরিমাণ ওজনে হাইড্রোজেন তৈরী করে তাহা নির্ণয় করিয়া ধাতব তুল্যাংক স্থির করা যায়। যথা :

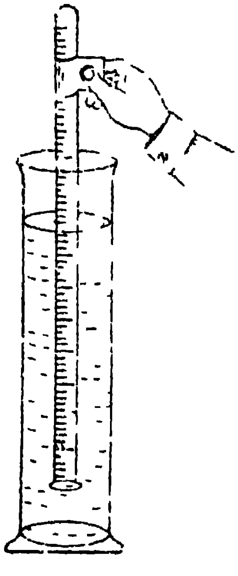
$$\text{ধাতুর তুল্যাংক} = \frac{\text{ধাতুর ওজন}}{\text{ধাতু কর্তৃক প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

পরীক্ষা : একটি ওয়াচ গ্লাসে ·08 গ্রামের কাছাকাছি ওজনের বিশুদ্ধ জিংক ওজন কর। এই জিংক একটি বীকারে রাখিয়া একটি ফানেল

উপুড় করিয়া ইহা ঢাকিয়া দাও। ফানেলের নলের মুখ পর্যন্ত ডুবাইয়া বীকারটি জলে পূর্ণ কর। একমুখ বন্ধ এবং আয়তন-চিহ্ন লিখিত একটি **অংশাঙ্কিত** তথা গ্র্যাজুয়েটেড টিউবে (graduated tube) জল ভর এবং জল-ভরা অংশাঙ্কিত নলটি উপুড় করিয়া ধারকের সাহায্যে জলে-ডোবা ফানেলের নলের উপরে বসাইয়া দাও।


হাইড্রোজেন উৎপাদন

এখন বীকারের জলে ধীরে ধীরে সালফিউরিক অ্যাসিড ঢাল। প্রথমে বিশুদ্ধ জিংকের সঙ্গে সালফিউরিক অ্যাসিডের কোন বিক্রিয়া হইবে না। বীকারে কয়েক ফোঁটা কপার সালফেট দ্রবণ ফেল। ইহার ফলে সালফিউরিক অ্যাসিড ও জিংকের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটিবে এবং ফানেলের নীচে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইয়া তাহা অংশাঙ্কিত নলে জমা হইবে। [বিক্রিয়া : $Zn+H_2SO_4 = H_2+ZnSO_4$]। হাইড্রোজেন উৎপাদন সম্পূর্ণ হইলে বড়ো আঙুলের পাতে অংশাঙ্কিত নলের খোলা মুখটি বন্ধ করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস-ভরা নলটি একটি জল-ভরা জারের মধ্যে রাখ এবং অংশাঙ্কিত নলের জল এবং বীকারের জল এক সমতল (same level) কর। এই অবস্থায় হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন মাপ। [অংশাঙ্কিত নলের ভিতরের ও বাহিরের জল এক সমতল না হইলে গ্যাসের আয়তন মাপা ঠিক হইবে না। অংশাঙ্কিত নলটি হাত দিয়া না ধরিয়া ভাঁজকরা কাগজ দিয়া জড়াইয়া ধরা উচিত। অন্যথায় হাতের গরমে হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধি পাইবে।] এখন পরীক্ষাগারের দেয়ালে সংলগ্ন থার্মোমিটার ও ব্যারোমিটার দেখিয়া ঘরের তাপাংক ও বায়ুর চাপ লিখিয়া লও। পরীক্ষার পরে এইভাবে জিংকের তুল্যাংকভার নির্ণয় কর :


উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন নির্ণয়

মনে কর, জিংকের ওজন = W গ্রাম, হাইড্রোজেনের আয়তন = V c.c. পরীক্ষাগারের উষ্ণতা = t°C, বায়ুর চাপ = P মিলিমিটার, t°C তাপাংকে জলীয় বাষ্পের চাপ = f মিলিমিটার।

জলের উপরে সংগৃহীত হওয়ার ফলে হাইড্রোজেন গ্যাসের সঙ্গে কিছু জলীয় বাষ্পও মিশ্রিত থাকে। তাই, অংশাঙ্কিত নলে সংগৃহীত গ্যাসের চাপ = হাইড্রোজেন গ্যাসের চাপ + জলীয় বাষ্পের চাপ (f)। এই যুক্ত চাপ বায়ুর চাপের (P) সমান,

অর্থাৎ, হাইড্রোজেন গ্যাসের চাপ + f = P,

সুতরাং শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাসের চাপ

= বায়ুর চাপ − জলীয় বাষ্পের চাপ = (P − f) মিলিমিটার

(P − f) মিলিমিটার চাপে এবং t°C উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন = V c.c.; এই V c.c. হাইড্রোজেন গ্যাস N. T. P. অর্থাৎ, প্রমাণ চাপ ও তাপাংকে (0°C ও 760 mm.) বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত গ্যাস-সূত্র অনুযায়ী যদি হয় V_1 c c., তবে:

$$\frac{V(P-f)}{t+273}=\frac{V_1\times 760}{273+0}, \text{ অথবা } V_1=\frac{V(P-f)\times 273}{760\,(t+273)} \text{ c. c.}$$

$$V_1 \text{ c.c. হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজন} = \frac{V(P-f)\times 273}{760\,(t+273)}\times \cdot 00009 \text{ গ্রাম}$$

[কারণ, N. T. P.-তে 1 c c. হাইড্রোজেনের ওজন = ·00009 গ্রাম]

$$\therefore \text{ জিংকের তুল্যাংকভার} = \frac{\text{জিংকের ওজন}}{\text{প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

$$=\frac{W}{V_1\times \cdot 00009}=\frac{W\times 760\,(t+273)}{V(P-f)\times 273\times \cdot 00009}$$

হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন-পন্থায় ম্যাগনেসিয়াম ও আয়রনের তুল্যাংকভারও নির্ণয় করা যায়। এই পন্থায় টিন ও অ্যালুমিনিয়ামের তুল্যাংকভার নির্ণয়ের পরীক্ষায় সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিতে হয়। একমাত্র জিংক ছাড়া অন্য কোন ধাতুর তুল্যাংক নির্ণয় পরীক্ষায় কপার সালফেট মিশাইবার প্রয়োজন নাই। এরূপভাবে তুল্যাংকভার নির্ণয়ের ক্ষেত্রে ধাতু লইতে হয় অল্প পরিমাণে। কারণ, ধাতুর পরিমাণ বেশী হইলে নির্গত হাইড্রোজেন গ্যাসের পরিমাণ বেশি হইয়া অংশাঙ্কিত নল হইতে বাহির হইয়া পড়িবে।

গণনা :

(1) *30 c.c. of hydrogen is produced at N. T. P. by the action of hydrochloric acid on 0·15 gm of a metal. Find the equivalent weight of the metal.*

N. T. P.-তে 30 c.c. হাইড্রোজেনের ওজন = (30 × ·00009) গ্রাম

অর্থাৎ,

(30 × ·00009) গ্রাম হাইড্রোজেন উৎপন্ন করবার জন্য প্রয়োজন 0·15 গ্রাম ধাতু

সুতরাং 1 গ্রাম হাইড্রোজেন উৎপন্ন করবার জন্য প্রয়োজন $= \dfrac{0{\cdot}15}{30 \times {\cdot}00009}$

= 55·5 গ্রাম ধাতু

অতএব ধাতুটির তুল্যাংকভার = 55·5

(2) 218·2 c.c of hydrogen is produced at 17°C temp. and 754·5 mm pressure by the action of HCl on 0·218 gms of magnesium. The volume of gas produced is collected in a jar by displacement of water. Pressure of water vapour is 14·4 mm. at 17°C. Find the equivalent weight of magnesium.

হাইড্রোজেনের চাপ = $(P - f) = 754{\cdot}5 - 14{\cdot}4 = 740{\cdot}1$ mm.

17°C তাপাংক ও 740·1 mm চাপে হাইড্রোজেনের আয়তন = 218·2 c.c.

সুতরাং N. T. P অর্থাৎ 0°C ও 760 mm চাপে 218·2 c.c. গ্যাসের আয়তন যদি হয় V c.c, তবে বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্র অনুযায়ী V c.c. হইবে :

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}, \text{ অর্থাৎ, } \frac{V \times 760}{273} = \frac{218{\cdot}2 \times 740{\cdot}1}{17 + 273}$$

অথবা, $V = \dfrac{218{\cdot}2 \times 740{\cdot}1 \times 273}{760 \times 290} = 200$ c.c.

N. T. P-তে 200 c.c. হাইড্রোজেনের ওজন = (200 × ·00009) গ্রাম

সুতরাং, ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাংকভার $= \dfrac{\text{ম্যাগনেসিয়ামের ওজন}}{\text{প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের ওজন}}$

$$= \frac{{\cdot}218}{200 \times {\cdot}00009} = 12{\cdot}12$$

3. জারণ ও বিজারণ পদ্ধতি

(Oxidation and Reduction method)

জারণের সাধারণ অর্থ কোন ধাতুর সঙ্গে অক্সিজেনের সংযোজন এবং বিজারণের সাধারণ অর্থ ধাতুর অক্সাইড হইতে অক্সিজেন বিয়োজন বা অপসারণ। সুতরাং জারণ বা বিজারণ পন্থায় একটি ধাতু কত পরিমাণ অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত বা বিযুক্ত হয় তাহা স্থির করিয়া ধাতুর তুল্যাংক নির্ণয় করা যায়। কারণ, 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যে পরিমাণে ধাতু যুক্ত বা বিযুক্ত হয় তাহাই সেই ধাতুর তুল্যাংক।

জারণ পদ্ধতি (Oxidation method) :

(*i*) **ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাংকভার** (Eq. wt. of magnesium): ঢাক্‌নী সহ একটি শুষ্ক মুচির ওজন লও। মুচিতে স্বল্প পরিমাণে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ ম্যাগনেসিয়ামের ফিতা লও এবং মুচিটি ওজন কর। ঢাকনীর মুখটি অল্প ফাঁক রাখিয়া মুচিটি ধীরে ধীরে উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিয়া ম্যাগনেসিয়ামকে সম্পূর্ণরূপে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড (MgO) রূপে জারিত কর। মুচিটি শোষকাধারে তথা ডেসিকেটারে রাখিয়া ঠাণ্ডা কর এবং ইহার ওজন লও। ওজন স্থির না হওয়া পর্যন্ত পরীক্ষার পুনরাবৃত্তি করিতে হইবে। এখন এই ভাবে গণনা কর :

মুচি + ঢাক্‌নী $= W_1$ গ্রাম ; মুচি + ঢাকনী + ম্যাগনেসিয়াম $= W_2$ গ্রাম

ম্যাগনেসিয়ামের (Mg) ওজন $=(W_2-W_1)$ গ্রাম।

.. মুচি + ঢাকনী + ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড (MgO) $= W_3$ গ্রাম,

$\therefore$ অক্সিজেনের ওজন $=(W_3-W_2)$ গ্রাম।

সুতরাং পরীক্ষায় দেখা যায়—

(W_3-W_2) গ্রাম অক্সিজেন (W_2-W_1) গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামের সঙ্গে যুক্ত হইয়া ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড গঠন করে।

সুতরাং 8 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় $\frac{8\times(W_2-W_1)}{(W_3-W_2)}$ গ্রাম Mg,

$$\therefore \text{ ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাংকভার} = \frac{8\times(W_2-W_1)}{(W_3-W_2)} = 12 \text{ (প্রায়)}$$

[পরীক্ষালব্ধ ফল]

দ্রষ্টব্য : বায়ুতে সরাসরি ম্যাগনেসিয়াম জারণে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের সঙ্গে অল্প পরিমাণে নাইট্রাইডও তৈরী হয়। [$3\,Mg+N_2 = Mg_3N_2$], তাই ম্যাগনেসিয়ামের নির্ভুল তুল্যাংক নির্ণয়ের জন্য

ম্যাগনেসিয়াম ধাতুদ্বারা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন পদ্ধতি অথবা পরবর্তী ক্রমে বর্ণিত পদ্ধতি অনুযায়ী ম্যাগনেসিয়ামকে প্রথমে নাইট্রিক অ্যাসিডের সাহায্যে নাইট্রেটে এবং পরে তাহা উচ্চ তাপে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডে পরিণত করিয়া তুল্যাংক নির্ণয়ের পদ্ধতির অনুসরণ বাঞ্ছনীয়।]

(ii) **কপারের তুল্যাংকভার** (Eq. wt. of copper) : ম্যাগনেসিয়ামের ন্যায় কপারকে বায়ুতে সরাসরিভাবে উত্তপ্ত করিয়া সম্পূর্ণরূপে অক্সাইডে পরিণত করা সম্ভব হয় না। তাই, প্রথমে কপার ও নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া কপার নাইট্রেট তৈরী করা হয় এবং এই কপার নাইট্রেট কড়া তাপে উত্তপ্ত করিলে ইহা বিয়োজিত হইয়া কালো কিউপ্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়। যথা :

$$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

$$2Cu(NO_3)_2 = 2CuO + 4NO_2 + O_2$$

পরীক্ষা : ঢাকনিসহ একটি শুষ্ক পোরসেলিন মুচি বা ক্রুসিবল্ ওজন কর। মুচিতে কয়েক টুকরা কপার লও এবং ঢাকনিসহ মুচিটি আবার ওজন কর। মুচিতে কয়েক ফোঁটা নাইট্রিক অ্যাসিড ফেল। কপারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বাদামী রঙের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড নির্গত হইবে এবং কপার দ্রবীভূত হইয়া কপার নাইট্রেট দ্রবণে পরিণত হইবে। এই কপার নাইট্রেট দ্রবণ জলগাহ তথা ওয়াটার বাথের উপর রাখিয়া শুষ্ক কর। শুষ্ক কপার নাইট্রেট ভরা মুচিটি ত্রিকোণ ধারকের উপর রাখিয়া ধীরে ধীরে উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিয়া সম্পূর্ণভাবে কপার অক্সাইডে পরিণত করিয়া ওজন লও। ওজন স্থির না হওয়া পর্যন্ত মুচিটি বারবার উত্তপ্ত কর। এখন এইভাবে গণনা কর :

মুচির ওজন = W_1 গ্রাম . মুচি + কপারের ওজন = W_2 গ্রাম

∴ কপারের (Cu) ওজন = $(W_2 - W_1)$ গ্রাম

মুচি + কপার অক্সাইডের (CuO) ওজন = W_3 গ্রাম

∴ অক্সিজেনের ওজন = $(W_3 - W_2)$ গ্রাম

সুতরাং কপারের তুল্যাংকভার $= \frac{(W_2 - W_1)}{(W_3 - W_2)} \times 8 = 31.75$ (প্রায়)

[পরীক্ষার ফল]

ম্যাগনেসিয়াম, জিংক, লেড ইত্যাদির তুল্যাংকভারও এইভাবে প্রথম নাইট্রেট লবণে এবং পরে অক্সাইডে পরিণত করিয়া নির্ণয় করা যায়।

বিজারণ-পদ্ধতি (Reduction method) :

(iii) আয়রন ও কপারের তুল্যাংকভার বিজারণ পন্থায়ও নির্ণয় করা যায়। অতি-তপ্ত ধাতুর অক্সাইডের উপর হাইড্রোজেন চালাইলে ধাতুর অক্সাইড বিজারিত হইয়া ধাতুতে পরিণত হয়। যথা :

$$CuO+H_2=Cu+H_2O$$

প্রথমে ধাতুর অক্সাইডের ওজন নির্ণয় করা হয় এবং বিজারণ ক্রিয়ার পরে ধাতুর স্থির ওজন নির্ণয় করা হয়। তুল্যাংক গণনা করা হয় এইভাবে :

ধাতুর অক্সাইডের ওজন $=W_1$ গ্রাম

বিজারণের পরে প্রাপ্ত ধাতুর ওজন $=W_2$ গ্রাম

∴ অক্সিজেনের ওজন $=(W_1-W_2)$ গ্রাম

(W_1-W_2) গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় W_2 গ্রাম ধাতুর সঙ্গে

সুতরাং, 8 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় $\frac{W_2}{(W_1-W_2)}\times 8$ গ্রাম ধাতুর সঙ্গে

∴ ধাতুর তুল্যাংকভার $=\frac{W_2}{(W_1-W_2)}\times 8$

গণনা :

(1) 2 gms of Cu was used to prepare copper nitrate, which was then heated to obtain 2·508 gms of copper oxide What is the equivalent weight of copper ?

কপার অক্সাইডের ওজন $=2\cdot508$ গ্রাম , কপারের ওজন $=2$ গ্রাম

∴ অক্সিজেনের ওজন $=(2\cdot508-2)=\cdot508$ গ্রাম

সুতরাং ·508 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় 2 গ্রাম কপারের সঙ্গে

∴ 8 ,, ,, ,, $\frac{2}{\cdot508}\times 8=31\cdot5$ গ্রাম কপারের সঙ্গে

সুতরাং কপারের তুল্যাংকভার $=31\cdot5$

(2) On heating 0·8567 gm of copper oxide in a current of hydrogen, the resultant copper weighed 0·6842 gm. What is the equivalent wt. of copper ?

কপারের ওজন $=0\cdot6842$ গ্রাম

কপার অক্সাইডের ওজন $=0\cdot8567$ গ্রাম

∴ অক্সিজেনের ওজন $=(0\cdot8567-0\cdot6842)$ গ্রাম

$=0\cdot1725$ গ্রাম

∴ কপারের তুল্যাংকভার $=\frac{0\cdot6842\times 8}{0\cdot1725}=31\cdot73$

4. ক্লোরিন সংযুক্তি বা বিযুক্তি পদ্ধতি

(Analysis or Synthesis of Chorides)

(i) **সিলভারের তুল্যাংকভার** (Eq. wt. of Silver) : এক টুকরা সিলভারের ওজন লও। এই সিলভারের টুকরাটি নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া সিলভার নাইট্রেটে পরিণত কর। যথা :

$$Ag+2HNO_3=AgNO_3+H_2O+NO_2\ ,$$

এই সিলভার নাইট্রেটের সঙ্গে কিছুটা অধিক পরিমাণে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl) মিশাও। এই বিক্রিয়ায় সমস্ত সিলভার সাদা সিলভার ক্লোরাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত হইবে। যথা :

$$AgNO_3+HCl=AgCl\downarrow+HNO_3\ ;$$

এই অধঃক্ষিপ্ত সিলভার ক্লোরাইড (AgCl) ছাকিয়া লও এবং উত্তপ্ত করিয়া শুষ্ক কর এবং স্থির ওজন গ্রহণ কর। এখন এইভাবে গণনা কর :

সিলভারের ওজন = W_1 গ্রাম , সিলভার ক্লোরাইডের ওজন = W_2 গ্রাম

∴ ক্লোরিনের ওজন = (W_2-W_1) গ্রাম

35.5 ভাগ ক্লোরিন যত ভাগ ওজনের সিলভারের সঙ্গে যুক্ত হয় তাহাই সিলভারের তুল্যাংকভার।

সুতরাং সিলভারের তুল্যাংকভার

$$=\frac{(35.5\times W_1)}{(W_2-W_1)}=107.9$$ [পরীক্ষালব্ধ ফল]

[Note—সিলভারের তুল্যাংকভার নির্ণীত হয় সাধারণত তড়িদ্ বিশ্লেষণ উপায়ে।]

(ii) **সোডিয়াম বা পটাসিয়ামের তুল্যাংকভার** (Equivalent weight of Sodium or Potassium) : সোডিয়াম বা পটাসিয়াম বিশুদ্ধভাবে ওজন করা যায় না। কারণ, ইহারা অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায়। তাই, ইহাদের তুল্যাংক নির্ণয় করা হয় পরোক্ষভাবে।

পরীক্ষা : অল্প পরিমাণে সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ক্লোরাইড ওজন কর। এই লবণ পাতিত জলে দ্রবীভূত করিয়া ইহার সঙ্গে পর্যাপ্ত পরিমাণে বিশুদ্ধ সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ মিশাও। এই বিক্রিয়ায় সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ক্লোরাইডের সমস্ত ক্লোরিন সিলভার ক্লোরাইড রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। যথা :

$$NaCl+AgNO_3=AgCl\downarrow+NaNO_3$$

এই সিলভার ক্লোরাইড (AgCl)-অধঃক্ষেপ ছাকিয়া এবং কয়েকবার শুষ্ক করিয়া ইহার স্থির ওজন লও। এখন এইভাবে গণনা কর :

সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ক্লোরাইডের ওজন $= W_1$ গ্রাম

সিলভার ক্লোরাইডের ওজন $= W_2$ গ্রাম

সিলভারের পারমাণবিক ওজন $= 107\cdot8$ এবং ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন $= 35\cdot5$, সুতরাং সিলভার ক্লোরাইড (AgCl) অণুর ওজন $= 107\cdot8 + 35\cdot5 = 143\cdot3$.

সুতরাং $143\cdot3$ গ্রাম সিলভার ক্লোরাইডে পাওয়া যায় $35\cdot5$ গ্রাম ক্লোরিন অথবা,

W_2 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইডে পাওয়া যায় $\frac{35\cdot5 \times W_2}{143\cdot3}$ গ্রাম ক্লোরিন

সিলভার ক্লোরাইড (AgCl) এই ক্লোরিন (Cl) লাভ করিয়াছে সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ক্লোরাইড (NaCl বা KCl) হইতে,

সুতরাং সোডিয়াম ক্লোরাইডে (NaCl) ক্লোরিনের (Cl) ওজন

$$= \frac{35\cdot5 \times W_2}{143\cdot3} \text{ গ্রাম}$$

সোডিয়াম ক্লোরাইডের (NaCl) ওজন $= W_1$ গ্রাম

সুতরাং সোডিয়ামের (Na) ওজন $= \left(W_1 - \frac{35\cdot5 \times W_2}{143\cdot3} \right)$ গ্রাম

অর্থাৎ $\frac{35\cdot5 \times W_2}{143\cdot3}$ গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত হয় $\left(W_1 - \frac{35\cdot5 \times W_2}{143\cdot3} \right)$ গ্রাম সোডিয়ামের সঙ্গে

∴ $35\cdot5$ গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত হয়—

$$\frac{\left(W_1 - \frac{35\cdot5 \times W_2}{143\cdot3} \right)}{\frac{35\cdot5 \times W_2}{143\cdot3}} \times 35\cdot5 \text{ গ্রাম সোডিয়ামের সঙ্গে}$$

অথবা, $\left(\frac{W_1 \times 143\cdot3}{35\cdot5 \times W_2} - \frac{35\cdot5 \times W_2}{143\cdot3} \times \frac{143\cdot3}{35\cdot5 \times W_2} \right) \times 35\cdot5$,, ,,

অথবা, $\left(\frac{W_1}{W_2} \times \frac{143\cdot3}{35\cdot5} - 1 \right) \times 35\cdot5$ গ্রাম সোডিয়ামের সঙ্গে

অথবা, $\left(\frac{W_1}{W_2} \times 143\cdot3 - 35\cdot5 \right)$,, ,, ,,

∴ সোডিয়ামের তুল্যাংকভার $= \left(143\cdot3 \times \frac{W_1}{W_2} \right) - 35\cdot5 = 23$

[পরীক্ষালব্ধ ফল]

বিকল্প পদ্ধতি ঃ মনে কর, সোডিয়ামের তুল্যাংকভার $= x$

যে কোন যৌগ গঠিত হয় উপাদানের তুল্যাংকভারের অনুপাতে। সুতরাং সোডিয়াম ক্লোরাইডের তুল্যাংকভার

$=$ সোডিয়ামের তুল্যাংকভার $+$ ক্লোরিনের তুল্যাংকভার

$= x + 35{\cdot}5$ [কারণ ক্লোরিনের তুল্যাংকভার $= 35{\cdot}5$]

যোজনভার সূত্র অনুযায়ী—

$$\frac{\text{সোডিয়াম ও ক্লোরিনের যুক্ত তুল্যাংকভার}}{\text{সিলভার ও ক্লোরিনের যুক্ত তুল্যাংকভার}} = \frac{\text{সোডিয়াম ক্লোরাইডের ওজন } (W_1)}{\text{সিলভার ক্লোরাইডের ওজন } (W_2)}$$

[কারণ, সোডিয়াম, সিলভার ও ক্লোরিন (Na, Ag ও Cl) পরস্পর যুক্ত হয় তুল্যাংকভারের অনুপাতে] .

অথবা, $$\frac{x+35{\cdot}5}{107{\cdot}8+35{\cdot}5} = \frac{W_1}{W_2}$$

বা, $x = \left(143{\cdot}3 \times \frac{W_1}{W_2}\right) - 35{\cdot}5 = 23$ [পরীক্ষালব্ধ ফল]

গণনা ঃ

(1) ·97 gm of sodium when burnt in chlorine forms 2·47 gms sodium chloride. What is the equivalent weight of sodium ?

সোডিয়াম ক্লোরাইডের ওজন $= 2{\cdot}47$ গ্রাম

সোডিয়ামের ওজন $= {\cdot}97$

$\therefore$ ক্লোরিনের ওজন $= (2{\cdot}47 - {\cdot}97) = 1{\cdot}5$ গ্রাম

$1{\cdot}5$ গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত হয় 97 গ্রাম সোডিয়ামের সঙ্গে

$\therefore$ $35{\cdot}5$ গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত হয় $\frac{{\cdot}97 \times 35{\cdot}5}{1{\cdot}5} = 23$ গ্রাম সোডিয়ামের সঙ্গে

সুতরাং সোডিয়ামের তুল্যাংকভার $= 23$.

(2) 1 gm of potassium chloride precipitates 1·926 gms of silver chloride. Eq. weight of Ag = 108 and of Cl = 35·5. What is the equivalent weight of potassium ?

মনে কর, পটাসিয়ামের তুল্যাংকভার $= x$

সুতরাং $$\frac{KCl\text{-এর ওজন}}{AgCl\text{-এর ওজন}} = \frac{35{\cdot}5 + x}{35{\cdot}5 + 108}$$

কিন্তু প্রশ্ন অনুযায়ী, $\frac{\text{KCl-এর ওজন}}{\text{AgCl-এর ওজন}} = \frac{1}{1·926}$

সুতরাং $\frac{35·5 + x}{35·5 + 108} = \frac{1}{1·926}$, অথবা $x = 39$

অর্থাৎ পটাসিয়ামের তুল্যাংকভার $= 39$

(3) 0·1827 gm of chloride of a metal forms 0·1057 gm of oxide on oxidation. What is the equivalent weight of the metal ?

অক্সিজেনের তুল্যাংকভার $= 8$ এবং ক্লোরিনের $= 35·5$

মনে কর, ধাতুটির তুল্যাংকভার $= x$

সুতরাং 8 গ্রাম অক্সিজেন x গ্রাম ধাতুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া গঠন করে $(x+8)$ গ্রাম অক্সাইড ,

এবং 35·5 গ্রাম ক্লোরিন x গ্রাম ধাতুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া গঠন করে $(x+35·5)$ গ্রাম ক্লোরাইড। তাই,

$$\frac{\text{অক্সাইডের ওজন}}{\text{ক্লোরাইডের ওজন}} = \frac{x+8}{x+35·5} = \frac{1057}{·1827} \quad \text{অথবা } x = 29·74$$

5. ধাতু দ্বারা ধাতু প্রতিস্থাপন পদ্ধতি

(Displacement of one metal by another)

জিংক বা আয়রন ধাতু কপার সালফেট দ্রবণ হইতে কপার প্রতিস্থাপিত করে এবং সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ হইতে জিংক প্রতিস্থাপিত করে সিলভার। অর্থাৎ, উচ্চতর ইলেকট্রোপজেটিভ ধাতু নিম্নতর ইলেকট্রোপজেটিভ ধাতুকে প্রতিস্থাপিত করে।

$$\begin{aligned} Zn &+ CuSO_4 = Cu \downarrow + ZnSO_4 \text{ (দ্রবণীয়)} \\ Fe &+ CuSO_4 = Cu \downarrow + FeSO_4 \text{ ,,} \\ Zn &+ 2AgNO_3 = 2Ag \downarrow + Zn(NO_3)_2 \text{ ,,} \end{aligned}$$

এই বিক্রিয়াগুলি হইতে দেখা যায়, একটি ধাতু অপর ধাতুকে ঠিক তুল্যাংক-ভারের অনুপাতে প্রতিস্থাপিত করে , অর্থাৎ, 32·5 গ্রাম জিংক 31·5 গ্রাম কপার, 28 গ্রাম আয়রন, 31·5 গ্রাম কপার এবং 32·5 গ্রাম জিংক, 108 গ্রাম সিলভার প্রতিস্থাপিত করে। সুতরাং এরূপ প্রতিস্থাপনের বিক্রিয়া হইতে ব্যবহৃত ও প্রতিস্থাপিত ধাতুর ওজন লইয়া একটি ধাতুর তুল্যাংকভার জানিয়া অন্য ধাতুর তুল্যাংকভার নির্ণয় করা যায়।

জিংকের তুল্যাংকভার (Equivalent weight of Zinc) :

পরীক্ষা : এক টুকরা বিশুদ্ধ জিংকের ওজন লও এবং ইহা কপার সালফেট দ্রবণে ফেল। বেশ কিছুক্ষণ বিক্রিয়ার পরে জিংক দ্রবীভূত হইয়া যাইবে এবং দ্রবণের তলায় কিছু পরিমাণ কপার অধঃক্ষিপ্ত হইবে। এই কপার পরিস্রুত করিয়া শুষ্ক কর এবং ইহার স্থির ওজন লও। এখন এইভাবে গণনা কর:

জিংকের ওজন $= W_1$ গ্রাম , কপারের ওজন $= W_2$ গ্রাম

কপারের তুল্যাংকভার $= 31{\cdot}5$

W_2 গ্রাম কপার W_1 গ্রাম জিংক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়

∴ $31{\cdot}5$ গ্রাম কপার প্রতিস্থাপিত হয় $\frac{W_1}{W_2} \times 31{\cdot}5$ গ্রাম জিংক দ্বারা

জিংকের তুল্যাংকভার $= \frac{W_1}{W_2} \times 31{\cdot}5 = 32{\cdot}5$ [পরীক্ষালব্ধ ফল]

এরূপ প্রতিস্থাপন পদ্ধতিতে **আয়রন, সিলভার** ও **কপারের** তুল্যাংকভারও নির্ণয় করা যায়।

গণনা :

1. 2·06 gms of zinc displaces 2 gms of copper from a copper sulphate solution Equivalent weight of Zn = 32·5. What is the equivalent weight of copper ?

2·06 গ্রাম জিংক প্রতিস্থাপিত করে 2 গ্রাম কপার

∴ 32·5 গ্রাম ,, ,, ,, $\frac{2}{2{\cdot}06} \times 32{\cdot}5 = 31{\cdot}55$ গ্রাম কপার

সুতরাং কপারের তুল্যাংকভার $= 31{\cdot}55$

তুল্যাংকভারের অতিরিক্ত গণনা :

2 A oxide of copper contains 88·8% of the metal. Calculate the equivalent weight of copper.

কপার অক্সাইডের শতকরা অক্সিজেনের ওজন $100 - 88{\cdot}8 = 11{\cdot}2$ গ্রাম।

11·2 ভাগ অক্সিজেন 88·8 ভাগ কপারের সহিত যুক্ত হয়।

∴ 8 ,, ,, $\frac{88{\cdot}8}{11{\cdot}2} \times 8$,, ,, ,, ,,

$= 63{\cdot}4$ ভাগ কপারের সহিত যুক্ত হয়।

∴ কপারের তুল্যাংকভার 63·4

3. 2 gms. of lead were completely converted into its oxide which weighed 2·1544 gms. What is the equivalent wt. of the lead ? (*H. S. 1960*)

2 গ্রাম লেড তৈরী করে 2·1544 গ্রাম লেড অক্সাইড অর্থাৎ (2·1544 – 2) বা 0·1544 গ্রাম অক্সিজেন 2 গ্রাম লেডের সংগে যুক্ত হয়।

$\therefore$ 8 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় $\frac{8\times 2}{\cdot 1544}=103\ 6$ গ্রাম লেডের সঙ্গে

$\therefore$ লেডের তুল্যাংকভার $=103{\cdot}6$.

4. (*a*) 0·6842 gm. of copper was dissolved in Nitric acid and the solution was carefully evaporated to dryness. When the solid residue was strongly heated 0 8567 gm. of cupric oxide was produced. Calculate the equivalent wt. of Copper.

(*b*) 1·0813 gm. of Iron gave 3 1439 gm. of Ferric chloride. Calculate the equivalent wt. of Iron in this compound (Eq wt. of chlorine = 35 5.).

The at. wt of iron is 55·84. Find out the valency of iron in Ferric chloride.

[*H. S 1960 (Comp)*]

(*a*) 0 6842 গ্রাম কপার (0 8567 – 0·6842) অর্থাৎ 0 1725 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়।

সুতরাং 8 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়

$$\frac{6842\times 8}{1725}=31{\cdot}73 \text{ গ্রাম কপার}$$

কপারের তুল্যাংক $=31{\cdot}73$

(*b*) 1·0813 গ্রাম আয়রন (3·1439 – 1 0813) গ্রাম ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হয়। সুতরাং আয়রনের তুল্যাংকভার

$$=\frac{35{\cdot}5\times 1{\cdot}0813}{2{\cdot}0626}=18{\cdot}61$$

আয়রনের যোজ্যতা = পরমাণবিক ওজন / তুল্যাংকভার $=\frac{55\ 84}{18{\cdot}61}=3$

5. Calculate the equivalent wt. of a metal from the following experimental data :

1st wt. of the weighing bottle + metal = 12·9580 gm.

2nd wt of the weighing bottle after a portion of the metal is taken out = 12·9070 gm.

Total vol. of H_2 evolved afters dissolving the metal taken out in acid···	19·55 ml.
Pressure of the H_2 when its vol. noted··	750 m.m.
Temperature of gas	27°C
At N. T. P. 1 ml. of H_2 weighs··	0·000089 gm.

(*H. S. 1963*)

ব্যবহৃত ধাতুর ওজন $= (12.9580 - 12.9070) = 0.0510$ গ্রাম

N. T. P-তে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন

$$= \frac{19.55 \times 750 \times 273}{300 \times 760} = 17.56 \text{ ml.}$$

হাইড্রোজেনের ওজন $= (17.56 \times 0.000089)$ গ্রাম

ধাতুর তুল্যাংকভার $= \dfrac{0.051}{17.56 \times 0.000089} = 32.64$

6. 0·3975 gm. of copper oxide was heated in a current of pure and dry hydrogen till completely reduced and the gaseous product was passed through the tube containing fused calcium chloride weighed previously The gain in wt. of the latter was 0·09 gm Calculate equivalent wt. of copper. (At. wt. of Cu = 63·5) [*H. S Exam. 1964*]

বিজারণ বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জলের ওজন $= 0.09$ গ্রাম

জলে $H : O = 1 : 8$ (ওজনগত)

সুতরাং প্রাপ্ত ·09 গ্রাম জলে $H_2 = .01$ গ্রাম এবং $O_2 = .08$ গ্রাম

সুতরাং কপারের ওজন $= (.3975 - .08) = .3175$ গ্রাম

$\therefore$ কপারের তুল্যাংকভার $= \dfrac{8 \times .3175}{.08} = 31.75.$

Questions to be discussed

1. State the law of Reciprocal proportions. Why this law is also called the law of equivalent or combining weights ? Give illustrations.

2. What is meant by equivalent weight ? [*H. S. 1964*] Why is it called combining wt. ? How is it related to atomic weight ? How would you determine the equivalent weight of carbon ? Can equivalent weight of an element vary ? If so, why ? Give examples.

3. How would you determine the equivalent weight of zinc ? Describe a method.

0·3 gm. of a metal can produce 278·75 c.c. of dry hydrogen at N. T. P. What is its equivalent weight ? (*Ans.* 12)

4. What is meant by the equivalent weight of a metal ? 0·218 gm of Mg gave 218·2 c.c. of moist H_2 at 17°C and 754·5 mm. from HCl Find the equivalent weight of the metal. Aqueous tension at 17°C = 14·4 mm. (*Ans.* 12·24)

5 A metal gains weight on burning. How would you determine eq. wt. of Mg. by burning it ?

100 gms. of Mg. combine with 65·6 gms. of oxygen and 8 gms of oxygen can combine with 1 gm of hydrogen. Find the equivalent weight of Mg. (*Ans.* 12·19)

6. Explain what you understand by combining weight of an element. Iron forms two chlorides containing 34·4% and 44% of iron. What will be the equivalent weight of iron ? (*Ans.* 18·6, 27·9)

7. What wt. of a metal of eq. wt. 12 will give 0·475 gm. of chloride ? Eq. wt. of Cl=35·5 (*Ans.* 0·12 gm)

8. 1 gm. of KCl solution gives 1·926 gms of AgCl when treated with excess of $AgNO_3$ solution. Taking eq. wt. of Ag as 108, and chlorine 35·5 , calculate the eq. wt. of potassium. (*Ans.* 39·006)

9. What is meant by combining wt. ? H_2S contain 94·1% S, $CuCl_2$ 43·31% of Cu, HCl 97·23% of Cl, CuO 79·82% of Cu. Find the equivalent weights of S, Cu, Cl and O.

[*Ans.* প্রায় 16, 31·7, 35·5, 8]

10. 2·47 gms of CuO were obtained by oxidising 1·988 gms Cu by HNO_3, ·335 gm of Cu was precipitated by ·346 gms of Zn from $CuSO_4$ solution. What are the equivalent weights of Cu and Zn ? Knowing the equivalent weight of copper how can you determine the equivalent wt. of iron ? (*Ans.* 32·99, 33·9)

11. 0·1 gm of a metal gave on treatment with dil. mineral acid 34·2 c.c. hydrogen at N. T. P. Calculate the equivalent wt. of the metal. (*Ans.* 32·49)

12. 0·177 gm of a metal when dissolved in dilute acid evolved 177 c.c. of dry hydrogen at 12°C and 766 mm pressure. Find the equivalent wt. of the metal. (*Ans.* 11·8)

13. 1·05 gms of a metal gave on oxidation 1·50 gms of its oxide. Find the equivalent wt. of the metal. (*Ans.* 18·64)

14. 1·0 gm of a pure metal when dissolved in nitric acid and the resulting nitrate decomposed by heat yield 1·2458 gms of the oxide. What is the equivalent wt. of the metal. (*Ans.* 32·55)

15. Copper forms two oxides. On heating 1 gm of each in hydrogen, the residues weighed 0·799 and 0·888 gms respectively. Calculate two values of eq. wts. of copper. (*Ans.* 31·8, 63·4)

16. Dry hydrogen on passing over 1·58 gms of heated copper oxide produces 0·36 gm of water and 1·26 gms of copper. What are the equivalent weights of copper and oxygen ?

(*Ans.* 31·5 , 8)

17 In an experiment 0·3 gm of a metal liberated 85 c.c. of hydrogen at 0°C and 760 mm. Find the equivalent wt. of the metal. (*Ans.* 39·2)

18. 1 gm of magnesium displaces 0·083 gm of hydrogen, 9 gms of silver and 5·25 gms of copper. What are the equivalent wts. of these elements ?

(*Ans.* Mg—12·05, Ag—108·4, Cu—63·3)

19. Define the equivalent wt. of an element and describe an experiment for determining the equivalent wt. of either oxygen or carbon. [*H. S. Exam 1962*]

20. What is meant by equivalent weight of an element ? How is it related to its atomic weight ?

21. Describe an experiment for the determination of equivalent weight of zinc by diplacement of hydrogen from an acid. Indicate the method of calculation from experimental data. [*H. S. Exam. 1961*]

22. Starting with pure metallic copper describe how you would determine equivalent weight of the metal. Indicate the method of calculation from experimental data. [*H. S.* (*Comp*) *1964*]

23. 0·3975 gm of copper oxide was heated in a current of pure and dry hydrogen till completely reduced and the gaseous product was passed through a tube containing fused calcium chloride previously weighed. The gain in weight of the latter was 0·09 gm. Calculate the equivalent weight of copper.

[Atomic wt. of Cu = 63·5] (*Ans. 31·63*)

24. Explain the difference between equivalent wt. and at. wt. of an element. Under what condition have they the same value ? Give two illustrations. [*H. S. 1963*]

25. Calculate the equivalent weight of a metal from the following data :—

First weight of the weighing bottle + metal .....12·9580 gm.

Second weight after taking a small portion of the metal ......12·9070 gm.

Total volume of hydrogen evolved by dissolving the metal taken out in dilute acid afters drying.... 19·55 ml.

Pressure of hydrogen when volume was noted.. . 750 mm

Temperature of the gas when volume was noted..... 27°C

One millilitre (ml.) of dry hydrogen at N. T. P. weighs 0·000089 gm. [*H. S. 1963*] (*Ans.* E. W. = 32·7)

২

পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়

সাধারণত পরমাণুর গুরুত্ব বা ওজন বলিতে যাহা বোঝায় তাহা পরমাণুর সঠিক বা প্রকৃত ওজন নয়,—ইহা হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে তুলনামূলক গুরুত্ব বা ওজন। হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন 'এক' ধরিয়া হাইড্রোজেন পরমাণুর তুলনায় অন্য কোন মৌলিক পদার্থের পরমাণু যতগুণ ভারী তাহাই সেই মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন বা গুরুত্ব। কার্বনের পারমাণবিক ওজন 12 ; ইহার অর্থ, একটি কার্বন পরমাণু 12টি হাইড্রোজেন পরমাণুর সমান ভারী। একটি ইউরেনিয়ামের পরমাণু একটি হাইড্রোজেনের পরমাণুর তুলনায় 238 গুণ ভারী। তাই, ইউরেনিয়ামের পারমাণবিক ওজন 238। [পারমাণবিক ওজন সম্বন্ধে প্রথম ও দ্বিতীয় খণ্ডে প্রাথমিক আলোচনা করা হইয়াছে।]

পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ে অক্সিজেন একক

(Oxygen unit in determining atomic weight)

1803 খৃষ্টাব্দে পারমাণবিক গুরুত্ব বা ওজন নির্দেশ করেন বিজ্ঞানী ডালটন। তিনি একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন 1 ধরিয়া অর্থাৎ হাইড্রোজেন পরমাণুর এই 1 ওজনকে একক (unit) বা মূল ধরিয়া অন্যান্য মৌলিক পদার্থের পরমাণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর তুলনায় কতগুণ ভারী তাহা নির্ণয় করিয়া বিভিন্ন মৌলের পারমাণবিক ওজন স্থির করেন। 1805 খৃষ্টাব্দে বেলজিয়ান বিজ্ঞানী জে. এস. স্টাস (J. S. Stas) অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন 16 অর্থাৎ অক্সিজেন পরমাণুর এই 16 ওজনকে মূল তথা একক (unit) ধরিয়া অন্যান্য মৌলের পারমাণবিক ওজন স্থির করার পদ্ধতি প্রবর্তন করেন। সেই সময়ের বিভিন্ন পরীক্ষায় হাইড্রোজেনের তুল্যাংকভার নির্ণীত হয় 1, কিন্তু 1938 সালের বিভিন্ন পরীক্ষায় জলের (H_2O) অণুতে সংযোগী মৌলের তৌলিক অনুপাত বিশ্লেষণ করিয়া দেখা যায় যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগের অনুপাত 1·008 : 8 ; সুতরাং হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 1·008 এবং অক্সিজেনের 16.

পারমাণবিক ওজন বা গুরুত্ব (Atomic weight) ঃ অক্সিজেনের একটি পরমাণুর ওজন 16 ধরিয়া এরূপ একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজনের তুলনায় অপর কোন মৌলের একটি পরমাণুর ওজন যত তাহাই সেই মৌলের পারমাণবিক ওজন বা গুরুত্ব।

অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন 16 ধরিয়া অন্যান্য মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্তমানে নির্ভুল বলিয়া স্বীকৃত। অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন 16 ধরিলে হাইড্রোজেনের (H) সঠিক পারমাণবিক ওজন হয় 1·008, কার্বনের (C) 12·01, নাইট্রোজেনের (N) 14·008, সোডিয়ামের (Na) 22·997 ইত্যাদি।

1938 খ্রীষ্টাব্দের পরে অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন 16 ধরিয়া অন্যান্য মৌলের পারমাণবিক ওজন সংশোধন করা হইয়াছে। অবশ্য, প্রাথমিক শিক্ষার্থীর সহজ অনুধাবনের জন্য এখনও সাধারণ ও সরলভাবে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 1 ধরা হয়।

তুল্যাংকভার ও পারমাণবিক গুরুত্ব

(Relation between Equivalent wt. and Atomic wt.)

তুল্যাংকভারের সাহায্যে সহজে এবং নির্ভুলভাবে পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা সম্ভব।

মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্বের সঙ্গে তুল্যাংকভারের একটি সরল সম্বন্ধ বর্তমান।

মনে কর, কোন একটি মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব (At. wt) = A

সেই মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা (Valency) = V

সেই মৌলিক পদার্থের তুল্যাংকভার (Eq. wt.) = E

যোজ্যতার সংজ্ঞা অনুযায়ী বলা যায় যে, **মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা যত সেই মৌলিক পদার্থটি তত সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হইতে পারে।** [যথা : অক্সিজেনের যোজ্যতা 2 ; তাই অক্সিজেন (O) দুইটি হাইড্রোজেনের পরমাণুর (H) সঙ্গে যুক্ত হইয়া গঠন করে জল অণু (H_2O)। তাই বলা যায়, যেহেতু মৌলিক পদার্থটির যোজ্যতা V, সুতরাং V সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু মৌলিক পদার্থটির একটি পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হইতে পারে।]

V সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন $= V \times 1 = V$

এবং মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণুর ওজন $= A$

তাই, পরমাণুর সংখ্যার পরিবর্তে পরমাণুর গুরুত্ব বা ওজন হিসাবে লেখা যায়: V-ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হইতে পারে A ভাগ ওজনের মৌলিক পদার্থ

∴ 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হইতে পারে $\frac{A}{V}$ ভাগ ওজনের মৌলিক পদার্থ

তুল্যাংকভারের সংজ্ঞা অনুযায়ী 1 **ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যত ভাগ ওজনের যে কোন মৌল যুক্ত হয় তাহাই সেই মৌলের তুল্যাংকভার বা ইকুইভ্যালেণ্ট ওয়েট।**

তাই, $\frac{A}{V}$ = মৌলের তুল্যাংকভার $= E$

সুতরাং, $A = E \times V$ বা $E = \frac{A}{V}$, অর্থাৎ, তুল্যাংকভার = $\frac{\text{পারমাণবিক গুরুত্ব}}{\text{যোজ্যতা}}$

অথবা, পারমাণবিক গুরুত্ব = তুল্যাংকভার × যোজ্যতা

তথা, **অ্যাটমিক ওয়েট = ইকুইভ্যালেণ্ট ওয়েট × ভ্যালেন্সী**

সংকেত অনুযায়ী: $A = E \times V$

[Atomic weight = Equivalent weight × Valency]

এই ফর্মুলার সহায়তায় যে-কোন মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়। এই ফর্মুলা হইতে দেখা যায় যে **কোন মৌলের যোজ্যতা যদি হয় 1, তবে সেই মৌলের পারমাণবিক ওজন ও তুল্যাংকভার সমান হইবে।** ক্লোরিন ও সোডিয়ামের তুল্যাংকভার ও পারমাণবিক ওজন যথাক্রমে 35·5 এবং 23, কপারের যোজ্যতা 1, 2, সুতরাং ইহাদের তুল্যাংকভার যথাক্রমে 63·5 এবং 31·75, নাইট্রোজেনের যোজ্যতা 1, 2, 3, 4, 5, তাই ইহার তুল্যাংকভার যথাক্রমে 14, 7, 4 6, 3 5 এবং 2 8.

গণনা:

1. Equivalent weight of oxygen is 8 and valency is 2; what is the atomic weight of oxygen?

পারমাণবিক গুরুত্ব ও তুল্যাংকভারের ফর্মুলা অনুযায়ী পারমাণবিক গুরুত্ব: $A = E \times V = 8 \times 2 = 16$.

2. Equivalent wt. of sodium is 23; valency is 1; what is the atomic wt. of sodium?

$$A = E \times V = 23 \times 1 = 23$$

∴ সোডিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব = 23

পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়

(Determination of Atomic weight)

মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের বিভিন্ন পদ্ধতির মধ্যে নিম্নলিখিত পদ্ধতি কয়টি সুপরিচিত:

1. ডুল্যং ও পেটিট সূত্রের (Dulong and Petit Law) প্রয়োগ পদ্ধতি।

2. অ্যাভোগাড্রো-সূত্রের প্রয়োগ তথা ক্যানিজারোর (Cannizzaro) পদ্ধতি।

3. মিত্‌সারলিসের সমাকৃতি সূত্রের (Mitscherlich's Law of Isomorphism) প্রয়োগ পদ্ধতি।

এই কয়েকটি পদ্ধতি ছাড়াও পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের আরও কয়েকটি পদ্ধতি আছে।

নির্ভুল পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় (Accurate at. wt): এই পদ্ধতি তিনটি অবলম্বন করিয়া কোন মৌলিক পদার্থের যে পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা হয় তাহা **সাধারণত আনুমানিক** (approximate); কিন্তু বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের তুল্যাংকভার নির্ভুলভাবে নির্ণয় করা যায় এবং মৌলিক পদার্থের যোজ্যতাও সঠিক ভাবে স্থির করা যায়। তাই, **কোন মৌলিক পদার্থের তুল্যাংকের সঙ্গে যোজ্যতা গুণ করিয়া সেই মৌলিক পদার্থের নির্ভুল পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়।** কারণ, $A = E \times V$.

পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় পদ্ধতির সাধারণ নীতি

মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা হয় সাধারণত এইভাবে:

(i) প্রথমে, মৌলিক পদার্থটির নির্ভুল **তুল্যাংকভার** নির্ণয় করা হয়।

(ii) দ্বিতীয়ত, উপরের যে-কোন একটি পদ্ধতি অবলম্বনে মৌলিক পদার্থের **আনুমানিক** (approximate) **পারমাণবিক গুরুত্ব** নির্ণয় করা হয়।

(iii) তৃতীয়ত, আনুমানিক পারমাণবিক গুরুত্বকে তুল্যাংকভার দ্বারা ভাগ করিয়া মৌলিক পদার্থের **যোজ্যতা** স্থির করা হয়। [$A=E\times V$ বা $V=A/E$]। **যোজ্যতা সব সময়েই একটি পূর্ণসংখ্যা।** তাই, ইহা কখনও ভগ্নাংশ হইতে পারে না। কিন্তু পারমাণবিক গুরুত্ব আনুমানিক হওয়ায় ভাগফল ভগ্নাংশ হইতে পারে। সেইজন্য এরূপ ভগ্নাংশের নিকটবর্তী পূর্ণসংখ্যাকে যোজ্যতা বা ভ্যালেন্সী ধরা হয়।

(iv) চতুর্থত, **মৌলিক পদার্থের এই যোজ্যতা-সংখ্যা দ্বারা তুল্যাংকভারকে গুণ করিয়া সঠিক** (exact) **পারমাণবিক গুরুত্ব স্থির করা হয়।**

1. ড্যুলং ও পেটিট সূত্রের প্রয়োগ-পদ্ধতি

(Application of Dulong and Petit Law)

বিজ্ঞানী ড্যুলং ও পেটিট 1819 খ্রীষ্টাব্দে অনেকগুলি কঠিন (solid) মৌলিক পদার্থের **পারমাণবিক তাপ** তথা **অ্যাটমিক হিট** (Atomic heat) নির্ণয় করেন। **মৌলিক পদার্থের আপেক্ষিক তাপ এবং পারমাণবিক গুরুত্ব তথা স্পেসিফিক হিট** (Specific heat) **এবং অ্যাটমিক ওয়েটের গুণফলকে বলা হয় পারমাণবিক তাপ বা অ্যাটমিক হিট।**

পারমাণবিক তাপ = আপেক্ষিক তাপ × পারমাণবিক গুরুত্ব

$$\text{সুতরাং, পারমাণবিক গুরুত্ব} = \frac{\text{পারমাণবিক তাপ}}{\text{আপেক্ষিক তাপ}} \quad \left[\text{At. wt} = \frac{\text{At. heat}}{\text{Sp. heat}}\right]$$

বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায়, কঠিন অবস্থায় প্রতিটি মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক তাপ মোটামুটি একটি সুনির্দিষ্ট স্থির সংখ্যা এবং প্রতিটি কঠিন মৌলিক পদার্থের ক্ষেত্রে এই পারমাণবিক তাপ = 6·4

[মৌলিক পদার্থ কার্বন, সিলিকন ও বোরন ইত্যাদি স্বাভাবিক অবস্থায় কঠিন হওয়া সত্ত্বেও ইহাদের ক্ষেত্রে ড্যুলং ও পেটিট সূত্র খাটে না।]

এই সূত্র হইতে কঠিন অবস্থায় মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায় এইভাবে :

ড্যুলং ও পেটিট সূত্র অনুযায়ী কঠিন অবস্থায় কোন মৌলিক পদার্থের
পারমাণবিক গুরুত্ব × আপেক্ষিক তাপ
= পারমাণবিক তাপ = 6·4 (আনুমানিক)

সুতরাং, **পারমাণবিক গুরুত্ব** $= \dfrac{6{\cdot}4}{\text{আপেক্ষিক তাপ}}$

তথা, অ্যাটমিক ওয়েট $= \dfrac{6{\cdot}4}{\text{স্পেসিফিক হিট}}$ $\left[\text{At. wt.} = \dfrac{6{\cdot}4}{\text{Sp. heat}}\right]$

অর্থাৎ, কোন একটি কঠিন মৌলিক পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় করিয়া সেই সংখ্যা দ্বারা 6·4 সংখ্যাটিকে ভাগ করিলেই মৌলিক পদার্থটির আনুমানিক পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা সম্ভব।

গণনা ঃ

1. Specific heat of an element is 0·057, its equivalent wt. is 37·8, determine the accurate atomic wt. of the element.

ডুলং ও পেটিট সূত্র অনুযায়ী,

$$\text{পারমাণবিক গুরুত্ব} = \frac{6{\cdot}4}{\text{আপেক্ষিক তাপ}} = \frac{6{\cdot}4}{{\cdot}057} = 112{\cdot}28$$

$$\text{ধাতুটির যোজ্যতা} = \frac{\text{পারমাণবিক গুরুত্ব}}{\text{তুল্যাংকভার}} = \frac{112{\cdot}28}{37{\cdot}8} = 2{\cdot}9 = 3.$$

[যোজ্যতা 2·9 অর্থাৎ এরূপ ভগ্নাংশ হইতে পারে না। 2·9 সংখ্যাটির নিকটবর্তী পূর্ণসংখ্যা 3, তাই ধাতুটির যোজ্যতা 3]

$$\text{সুতরাং ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব} = \text{তুল্যাংকভার} \times \text{যোজ্যতা}$$
$$= 37{\cdot}8 \times 3 = 113{\cdot}4$$

2. Specific heat of aluminium is 0·2143, equivalent wt. = 9 ; Find the atomic wt. of aluminium.

ডুলং ও পেটিট সূত্র অনুযায়ী অ্যালুমিনিয়ামের

$$\text{আনুমানিক পারমাণবিক গুরুত্ব} = \frac{6{\cdot}4}{\text{আপেক্ষিক তাপ}} = \frac{6{\cdot}4}{0{\cdot}2143} = 30$$

$$\text{অ্যালুমিনিয়ামের যোজ্যতা} = \frac{\text{পারমাণবিক গুরুত্ব}}{\text{তুল্যাংকভার}} = \frac{30}{9} = 3{\cdot}3 = 3$$

যোজ্যতা = 3 [কারণ, যোজ্যতা ভগ্নাংশ হইতে পারে না]

সুতরাং অ্যালুমিনিয়ামের প্রকৃত পারমাণবিক গুরুত্ব

$$= \text{তুল্যাংকভার} \times \text{যোজ্যতা} = 9 \times 3 = 27$$

2. ক্যানিজারো পদ্ধতি
(Cannizzaro Method)

প্রাথমিক রসায়নের দ্বিতীয় খণ্ডে পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে ক্যানিজারো পদ্ধতির কয়েকটি উদাহরণসহ আলোচনা করা হইয়াছে। অনুরূপ পদ্ধতিতে আনুমানিক পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করিয়া উল্লিখিত পন্থায় তুল্যাংকভারের সাহায্যে নির্ভুল পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়।

3. মিতশারলিস সূত্র পদ্ধতি
(Mitscherlish Law method)

ম্যাগনেসিয়াম সালফেট ও জিংক সালফেটের স্ফটিকের আকৃতি দেখিতে হুবহু এক রকম। ম্যাগনেসিয়াম সালফেট ও জিংক সালফেটের দ্রবণ একত্র মিশাইয়া সেই মিশ্রিত দ্রবণের স্ফটিক তৈরী করিলে ম্যাগনেসিয়াম ও জিংকের সালফেটের মিশ্র স্ফটিক গঠিত হয়। আবার ম্যাগনেসিয়াম সালফেট দ্রবণের মধ্যে যদি একটি জিংক সালফেট দানা ঝুলাইয়া দেওয়া যায় তবে জিংক সালফেটের গায় ম্যাগনেসিয়াম সালফেটের আস্তরণ পড়ে।

সমাকৃতিত্ব বা আইসোমরফিজম (Isomorphism): **যে সকল স্ফটিকাকার যৌগ** (i) **একই আকারের স্ফটিক গঠন করে,** (ii) **পরস্পরে মিশ্র স্ফটিক তৈরী করিতে পারে,** (iii) **একে অন্যের উপরে আস্তরণ ফেলিতে পারে,** (iv) **পরস্পরে একই রকম আণবিক আকৃতিতে গঠিত—সেরূপ স্ফটিককে সমাকৃতি স্ফটিক** বা **'আইসোমরফাস ক্রিস্টাল'** (Isomorphous crystal) **বলা হয় এবং স্ফটিক গঠনের এরূপ ধর্মকে বলা হয় সমাকৃতিত্ব** বা **আইসোমরফিজম**।

কয়েকটি সমাকৃতি যৌগিক পদার্থের উদাহরণ :

1. জিংক সালফেট ($ZnSO_4, 7H_2O$) ম্যাগনেসিয়াম সালফেট ($MgSO_4, 7H_2O$), ফেরাস সালফেট ($FeSO_4, 7H_2O$).
2. পটাসিয়াম পারক্লোরেট ($KClO_4$) ও পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$).
3. কিউপ্রাস সালফাইড (Cu_2S), সিলভার সালফাইড (Ag_2S)
4. পটাসিয়াম সালফেট (K_2SO_4). পটাসিয়াম ক্রোমেট (K_2CrO_4)

5. ম্যাঙ্গানাস কার্বনেট ($MnCO_3$) [রোডোক্রোসাইট] এবং ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$) [ক্যালসাইট]।

6. অ্যামোনিয়াম সালফেট [$(NH_4)_2SO_4$] এবং পটাসিয়াম সালফেট [K_2SO_4]

যে বৎসরে ড্যুলং ও পেটিট পারমাণবিক তাপের সূত্রটি প্রকাশ করেন জার্মান বিজ্ঞানী মিত্‌শারলিস বিভিন্ন যৌগিক পদার্থের সমাকৃতি বিশ্লেষণ করিয়া সেই বৎসরেই (1819) **সমাকৃতি সূত্র** বা '**ল অব আইসোমরফিজম**' (Law of Isomorphism) প্রকাশ করেন। সূত্রটি অনুরূপ :—

সমাকৃতি স্ফটিকে সমসংখ্যক পরমাণু সমভাবে সংযুক্ত থাকে। অর্থাৎ, বিভিন্ন সমাকৃতি স্ফটিকের ফর্মূলা বা আকৃতি একই রকম।

$MgSO_4, 7H_2O$ ও $FeSO_4, 7H_2O$—ম্যাগনেসিয়াম ও আয়রনের এই সালফেট যৌগ দুইটির স্ফটিকাকৃতি একরকম, গঠন একরকম এবং পরমাণুর সংখ্যাও এক—পার্থক্য শুধু ম্যাগনেসিয়াম (Mg) ও আয়রন (Fe) পরমাণু দুইটির বিভিন্নতায়। **এই সমস্ত সমাকৃতি যৌগিক পদার্থ পারস্পরিক বিক্রিয়ায় একটি পরমাণু অপর মৌলিক পদার্থের ঠিক একটি পরমাণুকে প্রতিস্থাপিত (replace) করে,—অর্থাৎ এরূপ স্ফটিকগুলি পরস্পরে সমান সংখ্যক পরমাণুর দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।**

যে সমস্ত মৌলিক পদার্থ অনুরূপ সমাকৃতি যৌগ গঠনে সক্ষম মিতশারলিসের সূত্রটির এরূপ বৈশিষ্ট্য অবলম্বন করিয়া তাহাদের পারমাণবিক গুরুত্ব এইভাবে নির্ণয় করা যায় :

মনে কর, দুইটি সমাকৃতি যৌগে মৌলিক পদার্থ A ও B প্রতিস্থাপিত হয় W_1 ও W_2—এরূপ ওজনের পরিমাণে। A ও B-এর পারমাণবিক গুরুত্ব x এবং y, মিত্‌শারলিসের সূত্র অনুযায়ী এক যৌগের একটি পরমাণু অপর সমাকৃতি যৌগের ঠিক একটি পরমাণু প্রতিস্থাপিত করিবে। সুতরাং মৌলিক পদার্থ A-এর পরমাণু সংখ্যা = মৌলিক পদার্থ B-এর প্রতিস্থাপিত পরমাণু সংখ্যা। অধিকন্তু,

$$\text{পরমাণুর সংখ্যা} = \frac{\text{পরমাণুর প্রতিস্থাপিত ওজন}}{\text{পারমাণবিক ওজন}}$$

$$\text{সুতরাং, } \frac{\text{A-এর প্রতিস্থাপিত ওজন}}{\text{A-এর পারমাণবিক ওজন}} = \frac{\text{B-র প্রতিস্থাপিত ওজন}}{\text{B-র পারমাণবিক ওজন}}$$

$$\text{অথবা, } \frac{\text{A-র প্রতিস্থাপিত ওজন}}{\text{B-র প্রতিস্থাপিত ওজন}} = \frac{\text{A-র পারমাণবিক ওজন}}{\text{B-র পারমাণবিক ওজন}}, \text{ অর্থাৎ } \frac{W_1}{W_2} = \frac{x}{y}$$

গণনা ঃ

1. In two isomorphous compounds of Cu_2S and Ag_2S precentages of sulphur are 20·14 and 12·94. At. wt. of copper is 63·57. What is the atomic weight of silver ?

Cu_2S যৌগে Cu-এর পরিমাণ $= 100 - 20{\cdot}14 = 79{\cdot}86$ (গ্রাম)

অর্থাৎ 79·86 গ্রাম Cu 20·14 গ্রাম S-এর সঙ্গে যুক্ত হয়

Ag_2S যৌগে Ag-এর পরিমাণ $= 100 - 12{\cdot}94 = 87{\cdot}06$

অর্থাৎ 87·06 গ্রাম Ag, 12·94 গ্রাম S-এর সঙ্গে যুক্ত হয় ;

সুতরাং 20·14 গ্রাম সালফারের সঙ্গে Ag যুক্ত হইবে

$$= \frac{87{\cdot}06 \times 20{\cdot}14}{12{\cdot}94} \text{ গ্রাম} = 135{\cdot}5 \text{ গ্রাম}$$

মিত্শারলিসের সূত্র অনুযায়ী সম-ওজনের (20·14) সালফারের সঙ্গে যে অনুপাতে Ag ও Cu যুক্ত হয় তাহা Ag ও Cu-এর পারমাণবিক আনুপাতিক ওজনের সমান।

$$\frac{\text{Ag-এর পারমাণবিক ওজন}}{\text{Cu-এর পারমাণবিক ওজন}} = \frac{\text{প্রতিস্থাপিত Ag-এর ওজন}}{\text{প্রতিস্থাপিত Cu-এর ওজন}}$$

$$\text{অথবা, } \frac{\text{Ag-এর পারমাণবিক ওজন}}{63{\cdot}57} = \frac{135{\cdot}5 \text{ গ্রাম}}{79{\cdot}86 \text{ গ্রাম}}$$

$$\text{অর্থাৎ, Ag-র পারমাণবিক ওজন (গুরুত্ব)} = \frac{135{\cdot}5 \times 63{\cdot}57}{79{\cdot}86} = 107{\cdot}9$$

2. In the isomorphous compounds of $KClO_3$ and $KMnO_4$ percentages of K are 28·16% and 24·68% respectively. Again the percentages of Cl is 25·63% and of Mn is 34·82. What is the at. wt. of Mn ?

$KClO_3$ যৌগে 24·68 গ্রাম K যুক্ত হইবে $\frac{25{\cdot}63}{28{\cdot}16} \times 24{\cdot}68$

$= 21{\cdot}46$ গ্রাম Cl-এর সঙ্গে

Cl এবং Mn যে আনুপাতিক ওজনে K-এর সম ওজনের (24·68 গ্রামের) সঙ্গে যুক্ত হয় তাহা ইহাদের পারমাণবিক গুরুত্বের আনুপাতিক।

$$\text{সুতরাং } \frac{\text{Mn-এর পারমাণবিক ওজন}}{\text{Cl-এর পারমাণবিক ওজন}} = \frac{\text{প্রতিস্থাপিত Mn-এর ওজন}}{\text{প্রতিস্থাপিত Cl-এর ওজন}}$$

$$\text{অথবা, Mn-এর পারমাণবিক গুরুত্ব} = \frac{34{\cdot}82}{21{\cdot}46} \times 35{\cdot}5 = 55{\cdot}04$$

3. Potassium selenate (containing 35·77 % Se) is isomorphous with potassium sulphate which contains 18 39% of S. Assuming that the at. wt. of S is 32, find the at. wt. of Se.

K_2SO_4 যৌগে 18·39 গ্রাম S যুক্ত হয় (100 − 18·39) অর্থাৎ, 81·61 গ্রাম K ও O এর সঙ্গে।

K_2SeO_4 যৌগে 35·77 গ্রাম Se যুক্ত হয় (100 − 35 77)

অর্থাৎ 64·23 গ্রাম K ও O-এর সঙ্গে

সুতরাং, 81·61 গ্রাম K এবং O-এর সঙ্গে Se যুক্ত হইবে

$$=\frac{35{\cdot}77}{64{\cdot}23}\times 81{\cdot}61=45{\cdot}5 \text{ গ্রাম}$$

সমগুরুত্বের K ও O-এর (81·61) সঙ্গে যে অনুপাতে Se ও S যুক্ত হয় তাহা Se ও S-এর পাবমাণবিক গুরুত্বেব অনুপাতের সমান ,

$$\text{অর্থাৎ, } \frac{\text{Se-এব পাবমাণবিক গুরুত্ব}}{\text{S-এব পাবমাণবিক গুরুত্ব}}=\frac{\text{প্রতিস্থাপিত Se-এব ওজন}}{\text{প্রতিস্থাপিত S-এব ওজন}}$$

$$\text{অথবা, Se-এব পাবমাণবিক গুরুত্ব}=\frac{45\ 5}{18{\cdot}39}\times 32=79\ 2$$

Questions to be discussed

1. Determine the relation between atomic weight and equivalent weight. The chlorides of a metal was found to contain 47·22% of the metal. Its sp. heat is ·094. What is its exact at. wt. of the metal ?

সংকেত : [ধাতুর তুল্যাংক : ক্লোরাইডে ক্লোরিন=(100 − 47·92) গ্রাম

(100 − 47·22) গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত হয় 47·22 গ্রাম ধাতুর সঙ্গে

35·5 … … … … $\frac{47{\cdot}22}{(100-47{\cdot}22)}\times 35{\cdot}5$]

2. What is the Law of Isomorphism ? Why magnesium sulphate and ferrous sulphate are called isomorphous ? Explain by giving the formulæ of these compounds.

3. What is the accurate atomic wt. of an element ? What are the methods of determining atomic weight ? State the principle of Dulong and Petit method. Sp. heat of an element is 0·198. What is its probable at. wt ? [*Ans.* 32·32]

4. Describe a method by which the at. wt. of carbon can be determined.

5. How atomic weight is related to equivalent weight ?

[*H. S. Exam.* *1960*]

1 gm of a metal produces 1242 c.c. of H_2 at N. T. P. Sp. ht. of the metal is 0·238. What are the equivalent wt., at. wt. and valency of the metal ?

$$\text{H-এর ওজন} = 1242 \times {}^{\cdot}0009 \text{ গ্রাম}$$

$$\text{ধাতুর তুল্যাংক} = \frac{1}{1242 \times {}^{\cdot}00009} = 8{\cdot}99$$

$$\text{ধাতুটির আনুমানিক পারমাণবিক গুরুত্ব} = \frac{6{\cdot}4}{{}^{\cdot}238} = 26{\cdot}8$$

$$\text{যোজ্যতা} = A/E = V = \frac{26{\cdot}8}{8{\cdot}99} = 3$$

$$\text{সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব} = 3 \times 8{\cdot}99 = 26{\cdot}97$$

6. The chloride of a metal contains 65·84% of chlorine. Its vapour density 85, calculate eq wt , valency and at. wt. of the metal.

(*Ans.* Eq. wt.—18·42, At. wt—55·26, Valency—3)

7. Can you determine the accurate at. wt. of an element with the help of Dulong and Petit Law ? 0·589 gm of a metal when converted to its chloride weighs ·07175 gm. The sp. heat of the metal is ·059. What is its correct at wt. ? (Cl—35·5)

(*Ans.* 107·9)

8. What do you understand by the statement "the at. wt. of chlorine is 35·5" ? How would you determine eqivalent wt. when at. wt. and valency of an element are given ?

9. What is isomorphism ? State the Law of Isomorphism. Illustrate it with example. Sulphate of a metal contains 20·9% metal. It is isomorphous with $ZnSO_4, 7H_2O$. What is the approximate at. wt. of the metal ? (*Ans.* 58·7)

10. What are the characteristics of isomorphous compounds ? An element *A* forms a chloride containing 29·34% of chlorine and is isomorphous with KCl. Calculate its atomic wt.

(*Ans.* 85·37)

11. $ZnSO_4, 7H_2O$ is isomorphous with $MgSO_4, 7H_2O$. In the latter 9·76% of Mg and 13·01% of S are present. In the first compound Zn is present by 22·7% and S by 11·48% ; At. wt. of Zn=65·5, Find the at. wt. of Mg. (*Ans.* 24·186)

12. A metal forms three volatile chlorides containing 23·6, 38·2 and 48·3 percentages of chlorine respectively. Its sp. heat is ·055. Find the exact at. wt. of the metal. (*Ans.* 114·44)

13. The vapour density of chloride of an element is 66 and the oxide of the element contains 53% of the element. Calculate the valency and the at. wt. of the element. (*Ans.* V=3, At. wt.=27)

14. $KMnO_4$ is isomorphous with $KClO_3$ and contain 34·81% of Mn. What is the at. wt. of Mn ? Same as →9 (*Ans.* 55)

15. ·1 gm of a metal produces 124·2 c.c. H_2 at N. T. P, Sp. heat of the metal is 6·238. Find the eq. wt. and valency of the metal. (*Ans.* V=2, eq. wt.=20·15, at. wt.=40·3)

16. The chloride of a metal contains 65·84% of chlorine. Its vapour density is 85. Calculate the eq. wt, valency and at. wt. of the metal.

(*Ans.* Eq. wt 18 42 ; At. wt. 55 26 , Valency=3)

17. Explain the difference between equivalent weight and atomic weight of an element. Under what condition have they the same value ? Give two illustrations.

18. Can the equivalent weight of an element be same as its atomic weight ? Why ? Will the atomic weight of an element be different in case of different equivalent weight of an element ? Explain your answer with reference to nitrogen

19. What do you mean by atomic weight of an element ? Describe a method for its determination. When is the atomic weight accurate ?

0·125 gm of the chloride of a metal contains 0·054 gm of metal. The specific heat of the metal is 0·231. Calculate its at. weight. (At. wt. of Chlorine is 35·5). [*H S. 1963*] [*Ans.* 27]

20 Write short notes on : (*a*) Dulong and Petit's Law (*b*) Isomorphism. (*H S. 1964* (*Comp*))

21. What do you mean by 'atomic weight' of an element, Describe a method for its determination by utilizing Avogadro's law. Illustrate with an example. How would you determine the accurate atomic weight of an element ? (*H. S. 1965*)

৩

তড়িদ্‌বিশ্লেষণ বা ইলেক্‌ট্রোলিসিস

সুইচ খুলিয়া দিলেই বিজলীবাতি জ্বলিয়া উঠে এবং সুইচ বন্ধ করিলেই বাতি নিভিয়া যায়। এরূপ ঘটনায় বোঝা যে, তামার তারে বিদ্যুৎ অনায়াসে চলাচল করিতে পারে এবং এরূপ বিদ্যুৎ বা তড়িৎ পরিবহণের ফলে তামার তারে কোন রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না। তাই, প্রয়োজনমত বিজলী বাতি জ্বালানো বা নিভানো যায়। তামা, লোহা, সোনা, রূপা এরূপ প্রতিটি কঠিন ধাতুর ভিতর দিয়া তড়িৎ অনায়াসে চলাচল করিতে পারে। কিন্তু কাঠ, গন্ধক, চিনি, সাধারণ অঙ্গার, কাচ ও রবার জাতীয় কঠিন পদার্থের ভিতর দিয়া তড়িৎ চলাচল করিতে পারে না। তরল পদার্থের মধ্যে ধাতব পারদের ভিতর দিয়া তড়িৎ চলাচল করিতে পারে এবং যে-কোন অ্যাসিড, ক্ষার বা লবণের দ্রবণের ভিতর দিয়াও তড়িৎ অনায়াসে চলাচল করিতে পারে, কিন্তু তারপিন তেল, পেট্রল, চিনির দ্রবণ ইত্যাদি পদার্থের ভিতর দিয়া তড়িৎ চলাচল করিতে পারে না। সুতরাং দেখা যায়, কোন কোন পদার্থের ভিতর দিয়া তড়িৎ চলাচল করিতে পারে কিন্তু কোন কোন পদার্থ তড়িৎ পরিবহণে অক্ষম।

তড়িদ্‌পরিবাহী ও অপরিবাহী পদার্থ (Conductor and non-conductor): যে-সকল পদার্থের ভিতর দিয়া তড়িৎ বা বিদ্যুৎ চলাচল করিতে পারে অর্থাৎ, যে-সকল পদার্থ বিদ্যুৎ বা তড়িৎ পরিবহণে সক্ষম তাহাদের বলা হয় **তড়িদ্‌পরিবাহী** বা **কন্‌ডাক্‌টার** (conductor) এবং যে-সকল পদার্থ বিদ্যুৎ বা তড়িৎ পরিবহণে অক্ষম তাহাদের বলা হয় **তড়িৎ-অপরিবাহী** বা **নন-কন্‌ডাক্‌টার** (non-conductor)। চিনির দ্রবণ তড়িৎ পরিবহণে অক্ষম কিন্তু লবণের দ্রবণ তড়িৎ-পরিবহণে সক্ষম।

যে-সকল পদার্থ তড়িৎ পরিবহণে সক্ষম তাহাদের প্রকৃতি দুই রকম। তামা বা অন্য যে-কোন ধাতু জাতীয় মৌলিক পদার্থের ভিতর দিয়া তড়িৎ চলাচলের ফলে সেই ধাতুর মধ্যে কোন রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে না। কিন্তু অ্যাসিড,

ক্ষারক (base) বা লবণ (salt) জাতীয় যৌগিক পদার্থের দ্রবণের ভিতর দিয়া তড়িৎ চলাচলের ফলে ইহাদের মধ্যে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে এবং ইহার ফলে এই যৌগিক পদার্থগুলি ভাঙ্গিয়া অন্য পদার্থ গঠিত হয়।

তড়িদ্‌-বিশ্লেষ্য বা **ইলেক্‌ট্রোলাইট** (Electrolyte): **যে যৌগ দ্রবীভূত বা গলিত অবস্থায় তড়িৎ পরিবহণে সক্ষম এবং তড়িৎ পরিবহণের ফলে যাহা বিশ্লিষ্ট হইয়া যায় তথা যাহার মধ্যে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে সেরূপ যৌগকে বলা হয় তড়িৎ-বিশ্লেষ্য বা ইলেক্‌ট্রোলাইট। অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণ জাতীয় যৌগ এরূপ ইলেক্‌ট্রোলাইট বা তড়িৎ-বিশ্লেষ্য।** কঠিন অবস্থায় ক্ষার ও লবণ তড়িতের অধম পরিবাহী (bad conductor) কিন্তু দ্রবীভূত বা বিগলিত অবস্থায় ইহারা উত্তম তড়িৎ পরিবাহী (good conductor)।

তড়িদ্‌বিশ্লেষণ (Electrolysis): দ্রবীভূত বা গলিত অবস্থায় তড়িৎ-বিশ্লেষ্য বা ইলেক্‌ট্রোলাইটের ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহের ফলে সেই যৌগের যে রাসায়নিক বিশ্লেষণ (chemical decomposition) ঘটে সেই পদ্ধতিকে তড়িদ্‌বিশ্লেষণ বা ইলেক্‌ট্রোলিসিস বলা হয়। [পূর্ণতর সংজ্ঞা পরে দ্রষ্টব্য]

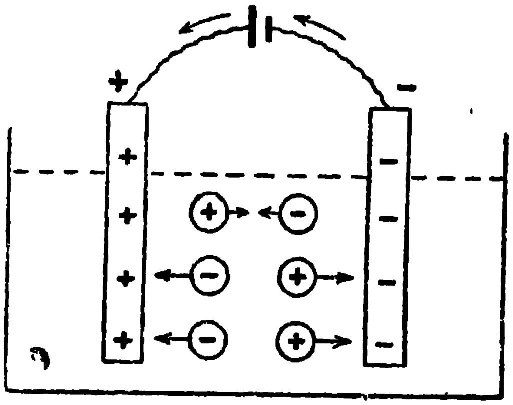
অ্যাসিড মিশ্রিত জলের (H_2O) মধ্যে তড়িৎপ্রবাহ চালাইলে জল ভাঙ্গিয়া বা বিশ্লিষ্ট হইয়া হাইড্রোজেন ও অক্‌সিজেন উৎপন্ন হয়। বিগলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের ($NaCl$) মধ্যে অনুরূপভাবে তড়িৎ-প্রবাহের ফলে সোডিয়াম ও ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। এরূপ পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন ও অক্‌সিজেন এবং সোডিয়াম ও ক্লোরিন উৎপাদনের প্রক্রিয়াকে যথাক্রমে বলা হয় জল এবং সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িদ্‌বিশ্লেষণ।

তড়িদ্‌বিশ্লেষণ-যন্ত্র ভল্টামিটার

যে পাত্রে তড়িদ্‌বিশ্লেষণ ক্রিয়া সম্পন্ন করা হয় সেই পাত্রটিকে বলা হয় **ভল্টামিটার** (voltameter) বা **তড়িদ্‌বিশ্লেষী লেখ**। এই পাত্রে রাখা হয় বিগলিত **তড়িৎ-বিশ্লেষ্য** (Electrolyte) বা সেই পদার্থের দ্রবণ। এই তরলের মধ্যে ঝুলাইয়া রাখা হয় দুইটির ধাতুর দণ্ড।

তড়িদ্‌দ্বার (Electrode): এরূপ যে ধাতু-দণ্ড দুইটির একটির মাধ্যমে তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্যে ব্যাটারী হইতে তড়িৎ-প্রবাহ প্রবেশ করে এবং

তড়িৎ-বিশ্লেষ্য তথা ইলেকট্রোলাইটের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইয়া অপর দণ্ডের মাধ্যমে ব্যাটারিতে ফিরিয়া যায় উহাদের বলা হয় **তড়িদ্‌দ্বার** বা **ইলেক্‌ট্রোড**। যে-তড়িদ্‌দ্বার ব্যাটারীর পজেটিভ প্রান্তের সঙ্গে সংযুক্ত থাকে এবং যে পথে তড়িৎ ভল্টামিটারে প্রবেশ করে তাহাকে বলা হয় **পজেটিভ তড়িদ্‌দ্বার** বা **পজেটিভ ইলেক্‌ট্রোড** (positive electrode) বা **অ্যানোড** (anode) এবং যে-তড়িদ্‌দ্বার ব্যাটারীর নেগেটিভ প্রান্তের সঙ্গে সংযুক্ত থাকে এবং যে-পথে তড়িৎ ভল্টামিটার হইতে নির্গত হয় তাহাকে বলা হয় **নেগেটিভ তড়িদ্‌দ্বার** বা **নেগেটিভ ইলেক্‌ট্রোড** (negative electrode) বা **ক্যাথোড** (Cathode)। ব্যাটারীর পজেটিভ প্রান্ত হইতে তড়িদ্‌প্রবাহ পজেটিভ তড়িদ্‌দ্বারের পথে ভল্টামিটারে প্রবেশ করে এবং তড়িদ্‌বিশ্লেষ্যের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইয়া নেগেটিভ তড়িদ্‌দ্বারের পথে তড়িদ্‌প্রবাহ আবার ব্যাটারীতে প্রত্যাবর্তন করে। এইভাবে ভল্টামিটারের মধ্যে তড়িৎ চলাচল অবিরাম অব্যাহত থাকে। সাধারণত প্লাটিনাম, তামা, লোহা ইত্যাদি ধাতুর দণ্ড বা পাত অথবা গ্রাফাইট জাতীয় কার্বন দণ্ড তড়িদ্‌দ্বার রূপে ব্যবহার করা হয়।



তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতি

তড়িদ্‌বিয়োজন ও আয়ন গঠন

[Electrolytic dissociation and Ion Formation]

তড়িৎবিশ্লেষ্য বা ইলেক্‌ট্রোলাইট দ্রবীভূত বা বিগলিত অবস্থায় স্বাভাবিকভাবেই মূল উপাদানরূপে বিয়োজিত (dissociated) হইয়া যায়। এরূপ বিচ্ছিন্ন উপাদান তথা পরমাণু বা মূলকের গায় তড়িদ্‌ ধর্ম বা চার্জ প্রকাশ পায়। বিযুক্ত যৌগের একাংশে প্রকাশ পায় পজেটিভ তড়িদ্‌ধর্ম বা পজেটিভ চার্জ এবং অপরাংশে প্রকাশ পায় নেগেটিভ তড়িদ্‌ধর্ম বা নেগেটিভ চার্জ। বিযুক্ত যৌগের এরূপ তড়িদ্‌বাহী অংশ দুইটি তথা পরমাণু বা মূলকে পজেটিভ ও নেগেটিভ তড়িতের মাত্রা বা চার্জ সমান থাকে বলিয়া দ্রবণ বা

বিগলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য তথা ইলেকট্রোলাইটে তড়িদ্‌ধর্মের কোন বাহ্যিক লক্ষণ থাকে না। তাই স্বাভাবিক অবস্থায় দ্রবণ বা গলিত যৌগকে তড়িদ্‌ধর্ম নিরপেক্ষ বা প্রশম অবস্থায় (neutral) পাওয়া যায়।

আয়ন (Ion) : তড়িদ্‌বাহী পরমাণু বা মূলককে বলা হয় আয়ন। সাধারণত গলিত বা দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িৎ-বিশ্লেষ্য তথা ইলেকট্রোলাইট বিয়োজিত হইয়া আয়ন গঠন করে। যে পরমাণু বা মূলক পজেটিভ তড়িৎ বা চার্জ বহন করে তাহাকে বলা হয় **পজেটিভ আয়ন** বা **ক্যাটায়ন** (Positive ion or Cation) এবং যে পরমাণু বা মূলক নেগেটিভ তড়িৎ বা চার্জ বহন করে তাহাকে বলা হয় **নেগেটিভ আয়ন** বা **অ্যানায়ন** (Negative ion or Anion), [আয়ন শব্দের অর্থ পরিব্রাজক।] পরমাণু আয়নে পরিণত হইলেও উভয় অবস্থায় ইহাদের ওজন একই থাকে।

অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণ তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থ বা ইলেকট্রোলাইট। ইহারা দ্রবীভূত বা বিগলিত অবস্থায় প্রতিমুখী পদ্ধতিতে বিয়োজিত (Reversible dissociation) হইয়া পজেটিভ ও নেগেটিভ আয়ন তথা ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন গঠন করে। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl) বিয়োজিত হইয়া গঠন করে পজেটিভ চার্জবাহী হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) এবং নেগেটিভ চার্জবাহী ক্লোরাইড আয়ন (Cl^-)। ক্ষারীয় যৌগ সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ($NaOH$) বিয়োজনে পজেটিভ চার্জবাহী সোডিয়াম আয়ন (Na^+) এবং নেগেটিভ চার্জবাহী হাইড্রোক্সিল আয়ন (OH^-) গঠিত হয়। অনুরূপভাবে অ্যামোনিয়াম সালফেট [$(NH_4)_2SO_4$] লবণ বিয়োজনে অ্যামোনিয়াম আয়ন (NH_4^+) এবং সালফেট আয়ন ($SO_4^{=}$) গঠিত হয়।

বিভিন্ন ইলেকট্রোলাইটের প্রতিমুখী বিয়োজন পদ্ধতি (Reversible dissociation) সমীকরণের আকারে অনুরূপভাবে দেখানো যায় :

$$HCl \rightleftharpoons H^+ \text{ (ক্যাটায়ন) } + Cl^- \text{ (অ্যানায়ন)}$$

তড়িদ্‌বিশ্লেষক্ষম যৌগ		**ক্যাটায়ন**		**অ্যানায়ন**
HNO_3	$\rightleftharpoons$	H^+	+	NO_3^-
H_2SO_4	$\rightleftharpoons$	$H^+ + H^+$	+	$SO_4^{=}$
$NaOH$	$\rightleftharpoons$	Na^+	+	OH^-
$Ca(OH)_2$	$\rightleftharpoons$	Ca^{++}	+	$OH^- + OH^-$
$NaCl$	$\rightleftharpoons$	Na^+	+	Cl^-
$AlCl_3$	$\rightleftharpoons$	Al^{+++}	+	$Cl^- + Cl^- + Cl^-$

গ্রাম-আয়ন (Gram Ion) **: কোন তড়িদ্‌বাহী পরমাণু বা মূলক-রূপে গঠিত আয়নের ওজন গ্রাম হিসাবে প্রকাশ করা হইলে সেই ওজনকে-গ্রাম-আয়ন বলা হয়।** বস্তুত, ওজন হিসাবে একটি গ্রাম-আয়ন অগণিত আয়নের সংযুক্ত তথা সমষ্টিগত ওজন।

আয়নের তড়িদ্‌শক্তি বা চার্জ (Ionic charge) **:** একটি আয়ন যে মাত্রায় তড়িদ্‌শক্তি বা চার্জ বহন কবে তাহাই সেই আয়নের চার্জ। এরূপ **তড়িদ্‌শক্তি বা চার্জের মাত্রা নির্ভর করে মৌলিক আয়ন বা মূলক আয়নের যোজ্যতার উপরে।** এক মাত্রা যোজ্যতার জন্য একটি আয়ন এক ইয়ুনিট তথা এক একক নেগেটিভ বা পজেটিভ তডিদ্‌শক্তি বা চার্জ বহন করে। **ধাতু-ধর্মী মৌল বা মূলক পজেটিভ চার্জ বহন করে এবং অধাতু-ধর্মী মৌল বা মূলক নেগেটিভ চার্জ বহন করে।** হাইড্রোজেন অধাতু হওয়া সত্ত্বেও ধাতুব ন্যায় ব্যবহার করে বলিয়া সাধাবণত পজেটিভ চার্জ বহন করে। অ্যামোনিয়াম মূলক (NH_4) ধাতুধর্মী বলিয়া পজেটিভ চার্জ (NH_4^+) বহন কবে। অ্যাসিড মূলক (NO_3, SO_4, Cl ইত্যাদি) এবং হাইড্রোক্‌সিল মূলক (OH) নেগেটিভ চার্জ বা তড়িদ্‌শক্তি (NO_3^-, $SO_4^{=}$, Cl^-, OH^-) বহন কবে। পবমাণু বা মূলকেব গায় '+' চিহ্ন দ্বাবা এক মাত্রা বা এক ইয়ুনিট (unit) পজেটিভ চার্জ বা তডিদ্‌শক্তি এবং '−' চিহ্ন দ্বাবা একমাত্রা বা এক ইয়ুনিট (unit) নেগেটিভ চার্জ বা তডিদ্‌শক্তি নির্দেশ করা হয়। যথা :

মৌল বা মূলক	**যোজ্যতা**	**আয়নের চার্জ**	**আয়নের প্রতীক**
H	1	1	H^+
Cl	1	1	Cl^-
Ca	2	2	Ca^{++}
Al	3	3	Al^{+++}
NO_3	1	1	NO_3^-
OH	1	1	OH^-
SO_4	2	2	$SO_4^{=}$
PO_4	3	3	PO_4^-
NH_4	1	1	NH_4^+

আয়নের সংখ্যা ও বিপরীত-ধর্মী চার্জ বা **তড়িদ্‌শক্তির সমতা** (Number of Ions and balancing of opposite charges) **:** ইলেক্‌ট্রোলাইট বা তডিদ্-বিশ্লেষ্য বিয়োজনেব ফলে যে পজেটিভ আয়ন বা

ক্যাটায়ন এবং নেগেটিভ আয়ন বা অ্যানায়ন সৃষ্টি হয় তাহাদের সংখ্যা সমান না-ও হইতে পারে কিন্তু পজেটিভ ও নেগেটিভ চার্জের মোট সংখ্যা সব সময়ে সমান হইবে। যদি গঠিত আয়নের যোজ্যতা সমান হয় তাহা হইলে এরূপ বিপরীত-ধর্মী আয়নের সংখ্যাও সমান হইবে। হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন উভয়ের যোজ্যতা এক। সুতরাং এক অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বিয়োজনে একটি হাইড্রোজেন আয়ন ও একটি ক্লোরিন আয়ন গঠিত হইবে। যথা:

$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$

হাইড্রোজেনের যোজ্যতা এক এবং সালফেট মূলকের (SO_4) যোজ্যতা দুই। সুতরাং মোট আয়নের পজেটিভ ও নেগেটিভ চার্জের সমতার জন্য দুইটি হাইড্রোজেন আয়ন এবং একটি সালফেট আয়ন গঠিত হইবে। যথা:

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + H^+ + SO_4^{=}$$

অ্যালুমিনিয়ামের যোজ্যতা তিন এবং সালফেট মূলকের যোজ্যতা দুই। সুতরাং বিপরীত-ধর্মী আয়নের নেগেটিভ ও পজেটিভ চার্জের সমতার জন্য দুইটি অ্যালুমিনিয়াম আয়ন এবং তিনটি সালফেট আয়ন গঠিত হইবে। যথা:

$$Al_2(SO_4)_3 \rightleftharpoons Al^{+++} + Al^{+++} + SO_4^{=} + SO_4^{=} + SO_4^{=}$$

এই প্রতিমুখী সমীকরণটি বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায় যে অ্যালুমিনিয়াম ও সালফেট মূলকের উভয়ক্ষেত্রে মোট যোজ্যতা ছয় অর্থাৎ নেগেটিভ চার্জের মাত্রাও ছয় এবং পজেটিভ চার্জের মাত্রাও ছয়।

প্রতিটি অ্যাসিড একাংশে পজেটিভধর্মী হাইড্রোজেন এবং অপর অংশে অ্যাসিড মূলক দ্বারা গঠিত। যথা: $H : Cl$, $2H : SO_4$, $H : NO_3$, $3H : PO_4^{\equiv}$ ইত্যাদি। ক্ষার একাংশে ক্ষারকীয় বা ধাতব মূলক (Basic or metallic radical), অপরাংশে হাইড্রোকসিল মূলক (OH) দ্বারা গঠিত। যথা: $Na : OH$, $Ca : 2(OH)$, $NH_4 : OH$ ইত্যাদি। লবণও অনুরূপভাবে একাংশে ধাতব মূলক এবং অপরাংশে অ্যাসিড মূলক দ্বারা গঠিত। যথা: $Na : Cl$, $Cu : SO_4$, $2Na : SO_4$ $Al : PO_4$ ইত্যাদি। সাধারণত লবণ বা ক্ষারের গঠনে ধাতব পরমাণুকে **ধাতব-মূলক** বা **ক্ষারকীয়-মূলক** (Basic radical) বলা হয়। তড়িৎ-বিয়োজনের ফলে অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণ জাতীয় ইলেকট্রোলাইট মূল উপাদানের পৃথক অংশে বিভক্ত হইয়া কত

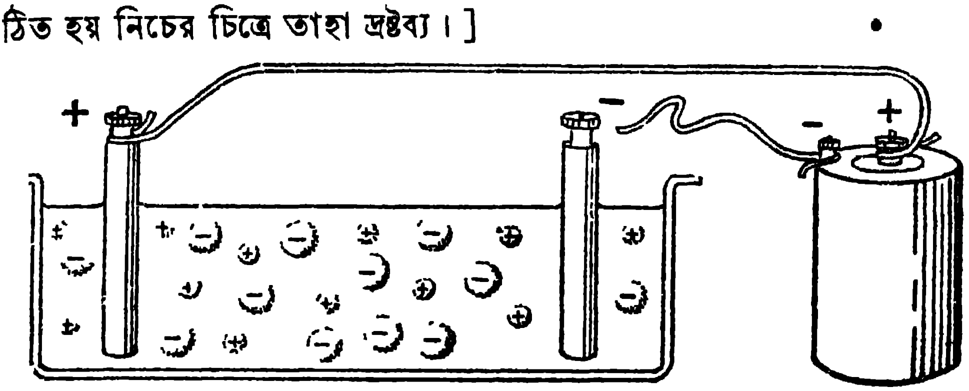
মাত্রার পজেটিভ বা নেগেটিভ চার্জসহ কিভাবে আয়ন গঠন করে নিচে তার কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হইল :

তড়িৎ-বিশ্লেষ্য বা ইলেকট্রোলাইট	ক্যাটায়ন বা পজেটিভ আয়ন (+)	অ্যানায়ন বা নেগেটিভ আয়ন (−)
অ্যাসিড		
HCl	H^+	Cl^- (ক্লোরাইড)
HNO_3	H^+	NO_3^- (নাইট্রেট)
H_2SO_4	$H^+ + H^+$	SO_4^{--} (সালফেট)
H_3PO_4	$H^+ + H^+ + H^+$	PO_4^{---} (ফসফেট)
ক্ষার		
$NaOH$	Na^+	OH^- (হাইড্রক্সিল)
KOH	K^+	OH^- "
$Ca(OH)_2$	Ca^{++}	$OH^- + OH^-$ "
লবণ		
$NaCl$	Na^+	Cl^- (ক্লোরাইড)
$CuSO_4$	Cu^{++}	$SO_4^=$ (সালফেট)
$Al_2(SO_4)_3$	$Al^{+++} + Al^{+++}$	$SO_4^= + SO_4^= + SO_4^=$
NH_4Cl	NH_4^+	Cl^- (ক্লোরাইড)
$AgNO_3$	Ag^+	NO_3^- (নাইট্রেট)
জল		
H_2O (HOH)	H^+	OH^- (হাইড্রোকসিল)

তড়িদ্‌বিশ্লেষণ (Electrolysis)

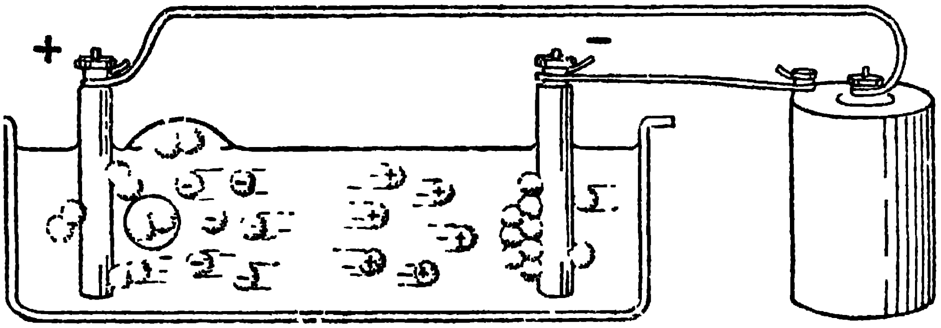
অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণ-জাতীয় যৌগ তড়িদ্‌বিশ্লেষ্য বা ইলেকট্রোলাইট (electrolyte)। ইহারা কঠিন অবস্থায় তড়িৎ পরিবহণ করিতে পারে না। জলে দ্রবীভূত (solution) অবস্থায় অথবা উত্তাপের ফলে গলিত (fused) অবস্থায় ইহারা তড়িৎ পরিবহণে সক্ষম। এইরূপ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য বা ইলেকট্রোলাইট দ্রবীভূত বা গলিত অবস্থায় আয়নরূপে বিয়োজিত (dissociated) হইয়া যায়। এই তড়িদ্‌বাহী আয়নগুলিই তড়িৎ পরিবহণের কাজ করে। **তড়িদ্দ্বারের সঙ্গে ব্যাটারী সংযোগের পূর্বেই ইলেকট্রোলাইট বা তড়িদ্‌বিশ্লেষ্য বিয়োজিত হইয়া অগণিত পজেটিভ ও**

নেগেটিভ আয়ন তথা ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন গঠন করে। [ব্যাটারীর সঙ্গে তডিদ্দ্বার দুইটি সংযোগের পূর্বেই কিভাবে দ্রবণে বা গলিত পদার্থে আয়ন গঠিত হয় নিচের চিত্রে তাহা দ্রষ্টব্য।]



ব্যাটারী সংযোগের পূর্বে দ্রবণে পজেটিভ ও নেগেটিভ আয়ন গঠন

ভল্টামিটারের তডিদ্দ্বারের (electrode) সঙ্গে ব্যাটারীর পজেটিভ ও নেগেটিভ প্রান্ত সংযোগের ফলে দ্রবীভূত অথবা গলিত ইলেক্‌ট্রোলাইটের মধ্যে তডিৎ প্রবাহিত হইতে থাকে। দ্রবণে তডিৎ-প্রবাহ বহন করে আয়ন। ভল্টামিটারের ইলেক্‌ট্রোডের সঙ্গে ব্যাটারী সংযোগের ফলে পজেটিভ আয়ন বা ক্যাটায়নগুলি নেগেটিভ তডিদ্দ্বার বা ক্যাথোডের দিকে আকর্ষিত হইয়া ধাবিত হয় এবং তডিদ্দ্বারে বিপরীত-ধর্মী নেগেটিভ তডিতের সংস্পর্শে প্রশমিত হইয়া নিরপেক্ষ বা প্রশম (neutral) পরমাণু বা মূলকরূপে তডিদ্দ্বারে সঞ্চিত হয়। অনুরূপভাবে নেগেটিভ আয়ন বা অ্যানায়ন পজেটিভ তডিদ্দ্বার বা অ্যানোডের দিকে ধাবিত হয় এবং বিপরীত ধর্মী পজেটিভ তডিতের সংস্পর্শে নিরপেক্ষ পরমাণু বা মূলকে পরিণত হইয়া তডিদ্দ্বারে সঞ্চিত হয়।



ব্যাটারী সংযোগের পরে তডিদ্দ্বারের দিকে আয়নের আকর্ষণে তড়িদ্‌বিশ্লেষণ প্রণালী

[ব্যাটারীর তডিদ্-সংযোগে অর্থাৎ তডিৎপ্রবাহের ফলে কি ভাবে আয়নগুলি বিপরীত-ধর্মী তডিদ্দ্বারের দিকে আকর্ষিত হইয়া প্রশম বা নিরপেক্ষ কণারূপে সঞ্চিত হয় উপরের চিত্রে তাহা দ্রষ্টব্য ।]

তড়িদ্‌বিশ্লেষণ (Electrolysis) : দ্রবীভূত বা গলিত অবস্থায় আয়নিত (ionised) কোন ইলেক্‌ট্রোলাইট তথা তড়িদ্‌বিশ্লেষ্যের মধ্যে তড়িৎ চালাইলে তড়িদ্দ্বারে আয়ন প্রশমিত হইয়া যেভাবে যৌগটির বিশ্লেষণ ঘটে সেই প্রণালীকে তড়িদ্‌বিশ্লেষণ বা ইলেক্‌ট্রোলাইসিস বলা হয়। গলিত সোডিয়ামের ক্লোরাইড ভিতর দিয়া সোডিয়াম (Na^+) ও ক্লোরিন আয়নের (Cl^-) সাহায্যে তড়িৎ প্রবাহিত হয় এবং এরূপ আয়ন বিপরীত-ধর্মী তড়িদ্দ্বারে প্রশমিত হইয়া ক্যাথোডে প্রশম সোডিয়াম এবং অ্যানোডে প্রশম ক্লোরিন সঞ্চিত হয়। এরূপ পদ্ধতিকে বলা হয় সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িদ্‌বিশ্লেষণ। যে পদার্থ গলিত বা দ্রবীভূত অবস্থায় আয়ন গঠনে অক্ষম, তাহা তড়িৎ বহনেও অক্ষম। পেট্রল, তারপিন তেল অথবা গলিত বা ঘন চিনি-দ্রবণ আয়ন গঠনে অক্ষম বলিয়া ইহারা তড়িৎ বহনেও অক্ষম।

তড়িদ্‌বিশ্লেষণের কয়েকটি উদাহরণ

আয়ন প্রশমন পদ্ধতি : তড়িদ্‌বিশ্লেষণ ক্রিয়ায় পজেটিভ আয়ন নেগেটিভ তড়িদ্দ্বারে তথা ক্যাথোডে নেগেটিভ তড়িতের সংস্পর্শে প্রশমিত হয়। পজেটিভ আয়নের এক ইয়ুনিট বা এক একক (unit) পজেটিভ তড়িৎ বা চার্জকে প্রশমিত করার জন্য এক ইয়ুনিট বা একক নেগেটিভ চার্জ বা তড়িৎ প্রয়োজন। এক ইয়ুনিট নেগেটিভ তড়িতের চিহ্ন $= e$, এক ইয়ুনিট নেগেটিভ তড়িদ্‌বাহী ইলেকট্রন কণার চিহ্নও $= e$, এক ইয়ুনিট পজেটিভ তড়িদ্‌বাহী আয়নকে প্রশমিত করার জন্য এক ইয়ুনিট নেগেটিভ তড়িৎ তথা একটি ইলেকট্রন সংযুক্ত করা প্রয়োজন। যথা :

A^+ (ক্যাটায়ন) $+ e$ (ইলেট্রকন) $\rightarrow$ A (প্রশম পরমাণু)

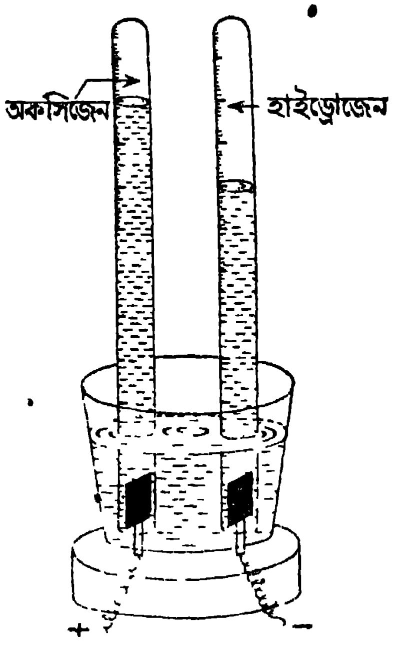
অনুরূপভাবে এক ইয়ুনিট নেগেটিভ তড়িদ্‌বাহী নেগেটিভ আয়নকে প্রশমিত করার জন্য এক ইয়ুনিট নেগেটিভ তড়িৎ বা একটি ইলেকট্রন বর্জন করা প্রয়োজন। যথা :

B^- (অ্যানায়ন) $- e \rightarrow$ B (প্রশম পরমাণু)

1. **জল** (H_2O) : জল মন্দ তড়িৎ-পরিবাহী (bad conductor) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য বা ইলেক্‌ট্রোলাইট। জলের অণুগুলি সামান্য অংশে মাত্র হাইড্রোজেন ও হাইড্রোকসিল আয়নরূপে বিয়োজিত হয়। যথা :

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

তড়িৎ-চালনার ফলে হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) নেগেটিভ তড়িদ্দ্বারে তথা ক্যাথোডে আকৃষ্ট হইয়া প্রথমে হাইড্রোজেন পরমাণু এবং পরে গ্যাসীয় হাইড্রোজেন অণুতে (H_2) পরিণত হইয়া ক্যাথোড হইতে নির্গত হইয়া যায়। পক্ষান্তরে তড়িৎ চালনার ফলে নেগেটিভ হাইড্রোক্সিল আয়ন (OH^-). পজেটিভ তড়িদ্দ্বারে বা অ্যানোডে আকৃষ্ট হইয়া প্রথমে নিরপেক্ষ বা প্রশম হাইড্রোক্সিল মূলকে পরিণত হয় এবং হাইড্রোকসিল মূলকগুলি পারস্পরিক বিক্রিয়ায় জল ও অক্সিজেন গঠন করে। তাই, অ্যানোড হইতে তড়িদ্-বিশ্লেষণের ফলে অক্সিজেন গ্যাস (O_2) নির্গত হয়। জলের বিয়োজন এবং ক্যাথোড ও অ্যানোডের বিক্রিয়া অনুরূপ :



ভল্টামিটারে জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ

জলের প্রতিমুখী বিয়োজন :	ইলেক্‌ট্রোড বিক্রিয়া :
$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$	ক্যাথোড বিক্রিয়া : $H^+ + e \rightarrow H$ $H + H \rightarrow H_2 \uparrow$ অ্যানোড বিক্রিয়া : $OH^- - e \rightarrow OH$ $2OH + 2OH \rightarrow O_2 \uparrow + 2H_2O$

জলে হাইড্রোজেন ও হাইড্রোকসিল আয়নের সংখ্যা খুব কম থাকে বলিয়া জলের তড়িদ্‌বিশ্লেষণের ফলে খুব ধীরে ধীরে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন গ্যাস এবং অ্যানোডে অক্সিজেন গ্যাস নির্গত হয়। জলে কয়েক ফোঁটা সালফিউরিক অ্যাসিড ফেলিলে জলের দ্রুত তড়িদ্‌বিশ্লেষণ ঘটে।

2. **লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড** (Dil. H_2SO_4) : সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত জল বা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের তড়িদ্‌বিশ্লেষণ ক্রিয়া একই রকম। যদি ভল্টামিটারে **প্লাটিনাম তড়িদ্দ্বার** ব্যবহার করা হয় তাহা হইলে ক্যাথোডে নির্গত হয় হাইড্রোজেন গ্যাস এবং অ্যানোডে অক্সিজেন গ্যাস। প্রাথমিক বিয়োজনে জল (সামান্য পরিমাণে) এবং সালফিউরিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন (H^+), হাইড্রোক্সিল (OH^-), বা সালফেট আয়ন ($SO_4^{=}$) গঠন

করে। ব্যাটারী সংযোগের পরে হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) ক্যাথোডে নেগেটিভ তড়িতের সংস্পর্শে আসে অর্থাৎ ইলেকট্রন গ্রহণ করে। এরূপ ক্যাথোড-বিক্রিয়ায় প্রথমে হাইড্রোজেন পরমাণু গঠিত হয় এবং পরে এই পরমাণু (H) হাইড্রোজেন অণুতে (H_2) পরিণত হয়। হাইড্রোকসিল (OH^-) ও সালফেট ($SO_4^{=}$) উভয় আয়নই অ্যানোডের দিকে আকর্ষিত হয়, কিন্তু অ্যানোড-বিক্রিয়া ঘটে শুধু হাইড্রোকসিল আয়নের সঙ্গে। কারণ, সালফেট আয়নের তুলনায় হাইড্রোকসিল **আয়নের তড়িৎক্ষরণ প্রবণতা** (discharge potential) **বেশি**। তাই একমাত্র হাইড্রকসিল আয়ন অ্যানোডে ইলেকট্রন বর্জন করে এবং নিরপেক্ষ হাইড্রোকসিল মূলকগুলি পারস্পরিক বিক্রিয়ায় অক্সিজেন ও জল গঠন করে। যথা :

জল ও অ্যাসিডের প্রতিমুখী বিয়োজন :

$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$

$H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{=}$

ক্যাথোড বিক্রিয়া : $H^+ + e \rightarrow H$

$H + H \rightarrow H_2 \uparrow$

অ্যানোড বিক্রিয়া :

$OH^- - e \rightarrow OH$

$2OH + 2OH \rightarrow O_2 \uparrow + 2H_2O$

3. **ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড** (Conc. HCl) : সাধারণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড HCl-এর **ঘন জলীয় দ্রবণ**। সুতরাং অ্যাসিড দ্রবণে জল (সামান্য পরিমাণে) এবং অ্যাসিড বিয়োজিত হইয়া হাইড্রোজেন (H^+), ক্লোরাইড (Cl^-) এবং হাইড্রোকসিল (OH^-) আয়ন গঠন করে। ক্যাথোড বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন আয়ন ইলেকট্রন বা নেগেটিভ বিদ্যুৎ কণা গ্রহণ করিয়া প্রথমে হাইড্রোজেন পরমাণু এবং এই পরমাণু হাইড্রোজেন অণু গঠন করিয়া গ্যাসরূপে নির্গত হইয়া যায়। হাইড্রোকসিল আয়নের তুলনায় ক্লোরাইডের তড়িৎক্ষরণ প্রবণতা বেশি বলিয়া অ্যানোডের বিক্রিয়ায় শুধু ক্লোরাইড আয়ন ইলেকট্রন বর্জন করিয়া প্রথমে পরমাণু এবং পরে অণু গঠন করিয়া ক্লোরিন গ্যাসরূপে নির্গত হয়। যথা :

জল ও অ্যাসিডের প্রতিমুখী বিয়োজন :

$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$

$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$

ক্যাথোড-বিক্রিয়া : $H^+ + e \rightarrow H$

$H + H \rightarrow H_2 \uparrow$

অ্যানোড বিক্রিয়া : $Cl^- - e \rightarrow Cl \uparrow$

$Cl + Cl \rightarrow Cl_2 \uparrow$

লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (Dil. HCl): হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিশ্লেষণে জলের পরিমাণ সামান্য থাকে বলিয়া অ্যানোডে তথা পজেটিভ তড়িদ্দ্বারে ক্লোরিন নির্গত হয়। কিন্তু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড খুব বেশি মাত্রায় **লঘু** হইলে অথবা কিছুক্ষণ তড়িদ্‌বিশ্লেষণের পর দ্রবণে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পরিমাণ কমিয়া গেলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন ও অ্যানোডে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। [লঘু জলীয় দ্রবণের তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতি দ্রষ্টব্য।]

4. **গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইড (Fused NaCl):** বিগলিত অবস্থায় সোডিয়াম ক্লোরাইড তড়িদ্‌ বিয়োজিত হইয়া সোডিয়াম আয়ন (Na^+) এবং ক্লোরাইড আয়ন (Cl^-) গঠন করে।

সোডিয়াম ক্লোরাইড একটি তীব্র বিশ্লেষক্ষম তড়িৎ-বিশ্লেষ্য। ব্যাটারী সংযোগের পর সোডিয়াম আয়ন বিপরীতধর্মী ক্যাথোডে আকর্ষিত হইয়া ইলেকট্রন গ্রহণ করে এবং নিরপেক্ষ সোডিয়ামে পরিণত হয়। ক্লোরাইড আয়ন অ্যানোডে আকৃষ্ট হইয়া ইলেকট্রন বর্জন করে এবং প্রথমে ক্লোরিন পরমাণু এবং পরে ক্লোরিন অণুতে পরিণত হয়। যথা:

গলিত লবণের প্রতিমুখী বিয়োজন: $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$	ক্যাথোড বিক্রিয়া: $Na^+ + e \rightarrow Na$ অ্যানোড বিক্রিয়া: $Cl^- - e \rightarrow Cl$ $Cl + Cl \rightarrow Cl_2$

5 **ঘন সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ** (Conc. NaCl soln.): ঘন সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে তড়িৎ-বিয়োজনের ফলে সোডিয়াম আয়ন (Na^+) এবং ক্লোরাইড আয়ন (Cl^-) গঠিত হয়। জল অণুগুলিও সামান্য পরিমাণে বিয়োজিত হইয়া হাইড্রোজেন আয়ন (H^-) এবং হাইড্রোক্সিল (OH^-) আয়ন গঠন করে। তড়িৎ চালনার ফলে সোডিয়াম আয়ন ক্যাথোডে আকৃষ্ট হইয়া বিপরীত-ধর্মী তড়িতের সংস্পর্শে তথা ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া প্রশম সোডিয়াম অণুতে পরিণত হয়। এই সোডিয়াম অণু জলের সঙ্গে দ্বিতীয় পর্যায়ে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ও ক্ষার অণু গঠন করে। কিন্তু আধুনিক সিদ্ধান্ত অনুযায়ী সোডিয়াম আয়ন (Na^+) হইতে হাইড্রোজেন আয়নের (H^+) **ক্ষরণ-প্রবণতা** (discharge potential) **কম** বলিয়া ক্যাথোডে হাইড্রোজেন আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে এবং সোডিয়ামের পরিবর্তে হাইড্রোজেন সঞ্চিত হয়। দ্রবণে সোডিয়াম আয়ন (Na^+) ও হাইড্রোক্সিল আয়ন (OH^-) থাকে বলিয়া ক্যাথোডের নিকট ক্ষার গঠিত হয়। যথা:

$$Na^+ + OH^- \rightleftharpoons NaOH$$

অ্যানোডে আকর্ষিত ক্লোরাইড আয়ন ইলেকট্রন বর্জন করিয়া প্রথমে ক্লোরিন পরমাণু এবং পরে ক্লোরিন অণুতে পরিণত হয়। হাইড্রোকসিল আয়নের (OH^-) তুলনায় **ক্লোরাইড** (Cl^-) **আয়নের ক্ষরণ-প্রবণতা বেশি** বলিয়া অ্যানোডে ক্লোরিন সঞ্চিত। যথা :

ঘন সোডিয়াম ক্লোরাইডের
প্রতিমুখী বিয়োজন :

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

ক্যাথোড বিক্রিয়া :

$$H^+ + e \rightarrow H$$

$$H + H \rightarrow H_2 \uparrow$$

অ্যানোড বিক্রিয়া : $Cl^- - e \rightarrow Cl$

$$Cl + Cl \rightarrow Cl_2$$

সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডের চারিপার্শ্বে সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড ($Na^+ + OH^- \rightleftharpoons NaOH$) গঠিত হয় বলিয়া লাল লিটমাস কাগজ ডুবাইলে তাহা নীল হইয়া যায় এবং অ্যানোডের চারিপার্শ্বে ক্লোরাইড আয়ন ও হাইড্রোজেন আয়নের ($H^+ + Cl^- \rightleftharpoons HCl$) অথবা ক্লোরিনের সংযোগে নীল লিটমাস লাল হইয়া যায়।

অধিকক্ষণ তড়িৎ-বিশ্লেষণের পরে দ্রবণে সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl) কমিয়া যায় এবং লঘু দ্রবণ হইতে অ্যানোডে ক্লোরিন ও অক্সিজেন দুইই উৎপন্ন হয়।

$$[OH^- - e \rightarrow OH\ ,\ 2OH + 2OH + \rightarrow 2H_2O + O_2 \uparrow\ ]$$

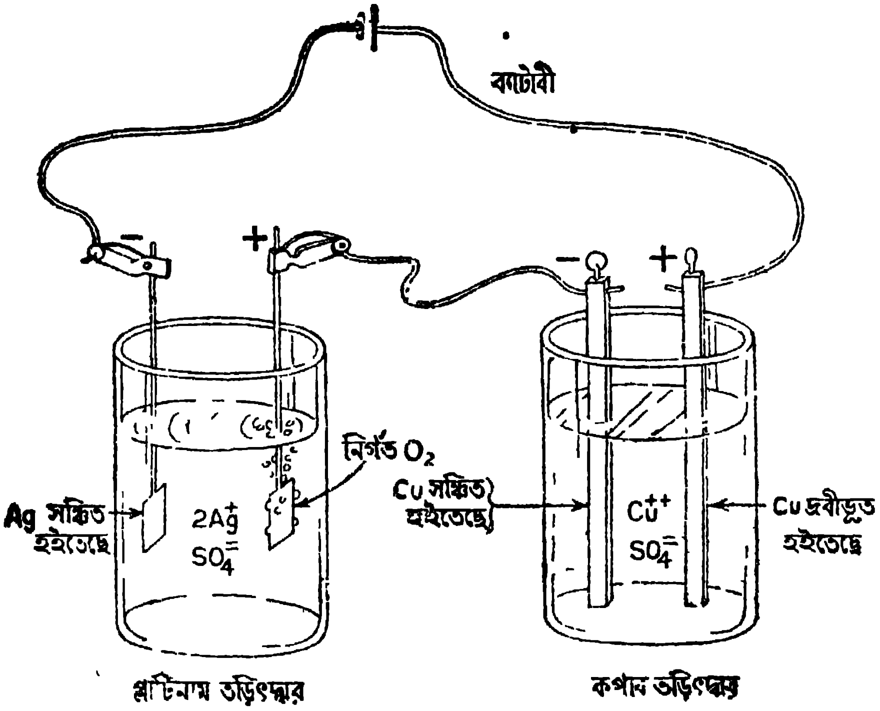
লঘু সোডিয়াম ক্লোরাইড (Dil. NaCl) : সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ যদি খুব লঘু (dilute aqueous soln.) হয় তাহা হইলে **শুরু হইতেই** ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে অক্সিজেন নির্গত হয়।

6. **ঘন কপার সালফেট দ্রবণ** (Conc. $CuSO_4$ soln) : এরূপ দ্রবণে কপার সালফেট ($CuSO_4$) এবং জল অণু (H_2O) বর্তমান। সুতরাং তড়িৎ-বিয়োজনের ফলে কপার (Cu^{++}), সালফেট ($SO_4^{=}$), হাইড্রোজেন, (H^+) এবং হাইড্রোকসিল (OH^-) আয়ন গঠিত হয়। এইরূপ দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে অর্থাৎ দ্রবণে তড়িৎ চালাইবার ফলে তড়িদ্দ্বারে কিরূপ বিক্রিয়া ঘটিবে তাহা নির্ভর করে **তড়িদ্দ্বারের ধাতুর** উপরে।

(i) **তড়িদ্দ্বার দুইটি যদি প্ল্যাটিনাম** ধাতু দ্বারা তৈরী হয় তবে তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে কপার ধাতু সঞ্চিত হয় এবং অ্যানোডে অক্সিজেন নির্গত হয়। যথা:

কপার সালফেটের প্রতিমুখী বিয়োজন:	ক্যাথোড বিক্রিয়া:
$CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{++} + SO_4^{=}$	$2Cu^{++} + 4e \rightarrow 2Cu$
	অ্যানোড বিক্রিয়া:
$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$	$4OH^- - 4e \rightarrow O_2\uparrow + 2H_2O$

ক্যাথোডে কপার আয়ন (Cu^{++}) ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া বা বিপরীতধর্মী তড়িতের সংযোগে প্রশমিত হইয়া কপার ধাতুতে পরিণত হয়। অ্যানোড বিক্রিয়া সম্বন্ধে পূর্বে ধারণা ছিল যে সালফেট আয়ন ($SO_4^{=}$) ইলেকট্রন বা নেগেটিভ চার্জ বর্জন করিয়া প্রথমে প্রশমিত সালফেট মূলকে (SO_4) পরিণত হয় এবং সালফেট মূলক জলের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া অক্সিজেন ও সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। যথা:



দুইটি তড়িদ্দ্বার প্লাটিনাম দ্বারা গঠিত। দ্রবণ Ag_2SO_4; অ্যানোড হইতে সিলভার দ্রবীভূত হইয়া ক্যাথোডে সঞ্চিত হইতেছে।

দুইটির তড়িদ্দ্বার কপার দ্বারা গঠিত। দ্রবণ $CuSO_4$; অ্যানোড হইতে কপার দ্রবীভূত হইয়া ক্যাথোডে সঞ্চিত হইতেছে।

$$2H_2O + 2SO_4 = 2H_2SO_4 + O_2\uparrow$$

কিন্তু আধুনিক ধারণা অনুযায়ী অ্যানোডে সালফেট আয়ন ($SO_4^{=}$) ইলেকট্রন বর্জন করে না,—ইলেকট্রন বা নেগেটিভ তড়িৎ বর্জন করে হাইড্রোকসিল আয়ন (OH^-), কারণ সালফেট আয়নের তুলনায় হাইড্রোকসিল আয়নের তড়িদ্‌ক্ষরণ প্রবণতা বেশি। এরূপ একাধিক হাইড্রোকসিল আয়ন প্রশমিত হইয়া অক্‌সিজেন গঠন করে। যথা :

$$4OH^- - 4e \rightarrow O_2\uparrow + 2H_2O$$

কপার সালফেটের খুব লঘু দ্রবণ প্লাটিনাম তড়িদ্দ্বারের সাহায্যে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হইলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে অক্‌সিজেন উৎপন্ন হয়।

(iii) **তড়িদ্দ্বার দুইটি কপার ধাতু** দ্বারা গঠিত হইলে ক্যাথোডের কপার ধাতু সঞ্চিত হইয়া ক্যাথোডের ওজন বৃদ্ধি পায় এবং অ্যানোড হইতে কপার দ্রবীভূত হইয়া কপার আয়ন গঠন করিয়া কপার সালফেট দ্রবণের ঘনত্ব অপরিবর্তিত রাখে। যথা :

কপার সালফেটের প্রতিমুখী বিয়োজন :	ক্যাথোড বিক্রিয়া :
$CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{++} + SO_4^{=}$	$Cu^{++} + 2e \rightarrow Cu$
$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$	অ্যানোড বিক্রিয়া :
	$Cu - 2e \rightarrow Cu^{++}$

তড়িদ্দ্বার যে-কোন তড়িদ্‌বাহী ধাতু দ্বারা তৈরী হউক না কেন কপার সালফেটের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্যাথোডে সাধারণত কপার সঞ্চিত হয়। কিন্তু অ্যানোড কপার ব্যতীত অন্য ধাতু দ্বারা তৈরী হইলে অক্‌সিজেন নির্গত হয় এবং কপার ধাতু দ্বারা তৈরী হইলে তড়িদ্দ্বারের কপার ক্ষয় হইয়া কপার আয়নে (Cu^{++}) পরিণত হয়। পূর্বে ধারণা ছিল যে সালফেট আয়ন ($SO_4^{=}$) তড়িৎ-বর্জন করিয়া অ্যানোডের কপারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কপার সালফেট গঠন করে। যথা : $SO_4^{=} - 2e \rightarrow SO_4$, এবং $Cu + SO_4 \rightarrow CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{++} + SO_4^{=}$, কিন্তু বর্তমান সিদ্ধান্ত অনুযায়ী কপার ধাতুর পক্ষে সালফেট আয়নের চেয়ে অপেক্ষাকৃত সহজে ইলেকট্রন বা নেগেটিভ তড়িৎ বর্জন করা সম্ভব। তাই, ধাতব কপার ইলেকট্রন বর্জন করিয়া কিউপ্রিক আয়নে পরিণত হয়।

যথা : $Cu - 2e \rightarrow Cu^{++}$

7. **জিংক ক্লোরাইডের ঘন দ্রবণ** (Conc $ZnCl_2$ soln.) : জিংক ক্লোরাইড দ্রবণে তড়িদ্‌বিয়োজনেব ফলে জিংক (Zn^{++}), ক্লোরাইড (Cl^-) এবং স্বল্প পরিমাণে হাইড্রোজেন (H^+) ও হাইড্রোক্‌সিল (OH^-) আয়ন গঠিত হয়। ব্যাটারী সংযোগেব পরে তড়িৎ-চালনার ফলে ক্যাথোডে জিংক ধাতু সঞ্চিত হয় এবং অ্যানোডে ক্লোবিন গ্যাস নির্গত হয়। এরূপ ক্ষেত্রে ক্যাথোড ও অ্যানোড উভয়েই প্লাটিনাম ধাতু দ্বাবা তৈবী। বিক্রিয়া :

জিংক ক্লোবাইডেব প্রতিমুখী বিয়োজন :

$$ZnCl \rightleftharpoons Zn^{++} + 2Cl^-$$

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

ক্যাথোড বিক্রিয়া :

$$Zn^{++} + 2e \rightarrow Zn$$

অ্যানোড বিক্রিয়া :

$$2Cl^- - 2e \rightarrow 2Cl \rightarrow Cl_2$$

ক্যাথোডে জিংক আয়ন ইলেকট্রন বা নেগেটিভ তড়িৎ গ্রহণ কবিয়া প্রশমিত জিংক ধাতু এবং অ্যানোডে ক্লোবাইড আয়ন ইলেকট্রন বা নেগেটিভ তড়িৎ বর্জন কবিয়া ক্লোবিন অণুতে পবিণত হয়। জিংক ক্লোবাইড **দ্রবণ খুব লঘু** হইলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে অক্‌সিজেন নির্গত হয।

তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতির সংক্ষিপ্ত মূলনীতি

(Principles of Electrolysis)

1. দ্রবীভূত বা গলিত অবস্থিত অবস্থায ইলেকট্রোলাইট বা তড়িদবিশ্লেষ্য পদার্থ স্বতই পজেটিভ ও নেগেটিভ আযনে বিযুক্ত থাকে। যথা :

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$

2 পজেটিভ আযন বা ক্যাটাযন ইলেকট্রন গ্রহণ কবিযা এবং নেগেটিভ আযন বা অ্যানাযন ইলেকট্রন বর্জন কবিযা প্রশমিত পবমাণু বা মূলকে পবিণত হয। যথা :

$$Na^+ + e \rightarrow Na\ ,\ Cl^- - e \rightarrow Cl\ ,\ Cl + Cl \rightarrow Cl_2$$

8. ক্যাথোডেব নিকটে যদি একাধিক পজেটিভ আযন বা ক্যাটাযন থাকে তবে যে ক্যাটাযনেব ক্ষবণ প্রবণতা (discharge potential) কম সেই ক্যাটাযন আগে ক্যাথোডে সঞ্চিত হইবে। সোডিযাম ও হাইড্রোজেন আযন বর্তমান থাকিলে হাইড্রোজেন আগে সঞ্চিত হইবে।

[দ্রবণে যদি জিংক আযন (Zn^{++}) ও ক্যাডমিযাম আযন (Cd^{++}) থাকে তবে, প্রথমে শুধু ক্যাডমিযাম আযন ক্যাথোডে সঞ্চিত হইবে। কিছুক্ষণ পরে দ্রবণ ঘণ হইলে ক্যাডমিযাম ও জিংক উভযই সঞ্চিত হইবে।]

4. অ্যানোডের নিকটে যদি একাধিক নেগেটিভ আয়ন বা অ্যানায়ন থাকে তবে যে আয়নের ক্ষরণ প্রবণতা (discharge potential) বেশি সেই আয়ন অ্যানোডে সঞ্চিত হইবে। অ্যানোডের নিকটে OH^- এবং $SO_4^=$ আয়ন থাকিলে OH^- আয়ন, Cl^- ও OH^- থাকিলে Cl^- আয়ন এবং Br^- ও Cl^- আয়ন থাকিলে Br^- আয়ন অ্যানোডে প্রশমিত ও সঞ্চিত হইবে। কিন্তু শেষ পর্যায়ে দ্রবণ ঘন হইলে উভয় আয়নই সঞ্চিত হইবে।

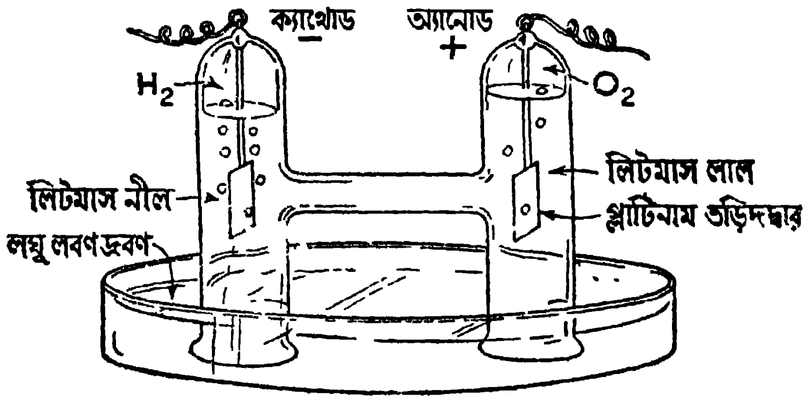
5. ক্যাথোডের নিকটে যদি সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম বা ক্যালসিয়াম এবং হাইড্রোজেন আয়ন থাকে তবে হাইড্রোজেন আয়ন ক্যাথোডে সঞ্চিত হইবে। কিন্তু যদি প্লাটিনাম, গোল্ড, মার্কারী, সিলভার, কপার, লেড, টিন, নিকেল, বা কোবল্ট এবং হাইড্রোজেন আয়ন থাকে তবে ক্যাথোডে হাইড্রোজেনের পরিবর্তে ধাতব আয়ন সঞ্চিত হইবে।

6 যে ধাতুর লবণ তড়িদ্বিশ্লেষণ পাত্রে দ্রবণের মধ্যে বর্তমান থাকে সেই ধাতুর পাত ক্যাথোড ও অ্যানোড তথা তড়িদ্দ্বাররূপে ব্যবহার করা হইলে ক্যাথোডের গায়ে সেই ধাতু সঞ্চিত হয়। অ্যানোডের নিকটে হাইড্রোকসিল এবং অন্য যে-কোন অ্যাসিড মূলকের আয়ন বর্তমান থাকা সত্ত্বেও কোন অ্যানায়ন অ্যানোডের গায়ে সঞ্চিত হয় না, বরং অ্যানোডের ধাতু আয়নরূপে দ্রবণের মধ্যে দ্রবীভূত হইয়া যায়। কপার সালফেট দ্রবণের তড়িদ্বিশ্লেষণে কপার তড়িদ্দ্বার ব্যবহার করিলে ক্যাথোডে কপার সঞ্চিত হয় এবং অ্যানোড হইতে কপার ক্যাটায়নরূপে দ্রবীভূত হয়। অনুরূপভাবে সিলভার সালফেট দ্রবণের তড়িদ্বিশ্লেষণে সিলভার তড়িদ্দ্বার ব্যবহার করিলে ক্যাথোডে সিলভার সঞ্চিত হয় এবং অ্যানোড হইতে সিলভার আনয়নরূপে দ্রবীভূত হয়।

ক্যাথোড : $Cu^{++}+2e \rightarrow Cu$, $Ag^{+}+e \rightarrow Ag$,

অ্যানোড : $Cu-2e \rightarrow Cu^{++}$; $Ag-e \rightarrow Ag^{+}$

7 যে কোন লবণের, বিশেষ করিয়া ক্ষারধর্মী ধাতুর লবণের, খুব লঘু জলীয় দ্রবণের (dil aqueous salt solution) তড়িদ্বিশ্লেষণে জলের তড়িদ্বিশ্লেষণের ন্যায় ক্যাথোডে হাইড্রোজেন ও অ্যানোডে অক্সিজেন পাওয়া যায়।



লঘু NaCl দ্রবণের তড়িদ্বিশ্লেষণের ফল

ধাতু ও অ-ধাতুর তড়িদ্‌ধর্ম

অ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণের তড়িদ্‌বিশ্লেষণে হাইড্রোজেন এবং ধাতু জাতীয় মৌলিক পদার্থ সবসময়ে ক্যাথোড বা নেগেটিভ তড়িদ্‌দ্বারে সঞ্চিত হয় এবং অ-ধাতু জাতীয় মৌলিক পদার্থ সঞ্চিত হয় অ্যানোডে বা পজেটিভ তড়িদ্‌দ্বারে। নেগেটিভ তড়িদ্‌দ্বারের প্রতি হাইড্রোজেন এবং অন্যান্য ধাতুজাতীয় মৌলিক পদার্থের আকর্ষণ থাকে এই কারণে যে, ইহাদের আয়ন পজেটিভ তড়িদ্‌বাহী। অ-ধাতু জাতীয় মৌলিক পদার্থের আয়ন নেগেটিভ তড়িৎ বহন করে বলিয়া ইহাদের আকর্ষণ পজেটিভ তড়িদ্‌দ্বারের প্রতি। তাই, **ধাতু জাতীয় মৌলিক পদার্থ ও হাইড্রোজেনকে বলা হয় পজেটিভ তড়িদ্‌ধর্মী** বা **ইলেকট্রো-পজেটিভ** (Electro-Positive) এবং **অ ধাতু জাতীয় মৌলিক পদার্থকে বলা হয় নেগেটিভ তড়িদ্‌ধর্মী** বা **ইলেকট্রো-নেগেটিভ** (Electro-Negative) **মৌলিক পদার্থ**। মৌলিক পদার্থ সাধারণত ইলেকট্রো-পজেটিভ বা ইলেকট্রো-নেগেটিভ—এরূপ দুইটি শ্রেণীতে বিভক্ত।

তড়িৎ-রাসায়নিক সারি

(Electro-Chemical Series)

প্রতিটি ইলেকট্রো-পজেটিভ বা পজেটিভ তড়িদ্‌ধর্মী ধাতুর তড়িৎ-ধর্মের মাত্রা সমান নয়। কোন কোন ধাতুর পজেটিভ তড়িৎ-ধর্মের মাত্রা বেশি, কোনটির কম। সেইরূপ প্রতিটি ইলেকট্রো-নেগেটিভ বা নেগেটিভ ধর্মী অ-ধাতব মৌলের নেগেটিভ তড়িৎ-ধর্মের মাত্রা এক নয়,—কোনটির কম কোনটির বেশি।

সংজ্ঞা (Definition)—ধাতু বা হাইড্রোজেন মৌল নেগেটিভ তড়িৎ বা ইলেকট্রন বর্জন করিয়া পজেটিভ আয়ন গঠন করে এবং অ-ধাতব মৌল নেগেটিভ তড়িৎ বা ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া নেগেটিভ আয়ন গঠন করে। মৌলিক পদার্থের এরূপ আয়ন গঠনের আগ্রহ বা ঝোঁকের (Electromotive force) মাত্রা নির্ণয় করিয়া তড়িৎ-ধর্মের উচ্চতর মাত্রা হইতে নিম্নতর মাত্রার ক্রম অনুযায়ী মৌলিক পদার্থগুলিকে সারিবদ্ধ করিলে মৌলিক পদার্থের যে ক্রমিক সারি রচিত হয় তাহাকে বলা হয় মৌলিক পদার্থের তড়িৎ-রাসায়নিক সারি বা ইলেকট্রো-কেমিকেল সিরিজ (Electro-Chemical Series)।

নিম্নে ধাতব মৌলের অর্থাৎ পজেটিভ তড়িৎ-ধর্মী মৌলের (Electro-Positive) এবং নেগেটিভ তড়িৎ-ধর্মী অধাতব মৌলের (Electro-Negative) দুইটি সারি বা সিরিজ (series) দেওয়া হইল। পজেটিভ-ধর্মী মৌল অর্থাৎ ধাতব মৌলের (metal) সারিতে পটাসিয়াম ধাতুর পজেটিভ ধর্মের প্রবণতা সবচেয়ে বেশি এবং এই পজেটিভ তড়িৎ-ধর্মের প্রবণতা নিচের দিকে ক্রমশ হ্রাস পাইয়া গোল্ডের (সোনার) ক্ষেত্রে দাঁড়ায় সবচেয়ে কম। অনুরূপভাবে অ-ধাতব মৌলের ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ স্থানের ক্লোরিনের নেগেটিভ তড়িৎ-ধর্মের প্রবণতা সবচেয়ে বেশি এরূপ সর্বনিম্ন স্থানের সিলিকনের সবচেয়ে কম। **এই সারি দুইটিতে তড়িৎ-ধর্মের প্রবণতা উপর হইতে নিচের দিকে ক্রমশ হ্রাস পায়।** হাইড্রোজেন অ-ধাতুর, কিন্তু তড়িৎ-ধর্মে পজেটিভ। অ-ধাতু মৌলের মধ্যে একমাত্র হাইড্রোজেনেরই এইরূপ বৈশিষ্ট্য বর্তমান। [সারিতে শুধু কয়েকটি পরিচিত মৌলের তড়িৎ-ধর্ম দেখানো হইয়াছে।]

পজেটিভ-ধর্মী বা ইলেকট্রো-পজেটিভ মৌল

K—পটাসিয়াম
Na—সোডিয়াম
Ca—ক্যালসিয়াম
Mg—ম্যাগনেসিয়াম
Al—অ্যালুমিনিয়াম
Cr—ক্রোমিয়াম
Mn—ম্যাঙ্গানীজ
Zn—জিংক
Fe—আয়রন
Sn—টিন
Pb—লেড
H—হাইড্রোজেন
Cu—কপার
Hg—মার্কারী
Ag—সিলভার
Pt—প্লাটিনাম
Au—গোল্ড

নেগেটিভ ধর্মী বা ইলেকট্রো-নেগেটিভ মৌল

F—ক্লোরিন
O—অক্সিজেন
Cl—ক্লোরিন
N—নাইট্রোজেন
Br—ব্রোমিন
S—সালফার
C—কার্বন
I—আইয়োডিন
P—ফসফরাস্
Si—সিলিকন

তড়িতের একক বা ইয়ুনিট এবং তড়িৎ-প্রবাহের একক

(Unit of Electricity and Electric Current)•

জলের আয়তন মাপিবার একটি একক কিউবিক সেন্টিমিটার (c.c.)। কোন একটি জলপ্রবাহে প্রতি সেকেণ্ডে কত আয়তন জল অর্থাৎ কত c.c. জল প্রতি সেকেণ্ড প্রবাহিত হয় তাহা দ্বারা উক্ত জল-প্রবাহের মাত্রা নির্ণয় করা যায়। সেইরূপ কোন পরিবাহী বস্তুর ভিতর দিয়া প্রতি সেকেণ্ডে যে পরিমাণ তড়িৎ-প্রবাহিত হয় তাহা দ্বারা তড়িৎ প্রবাহের মাত্রা মাপা যায়। যদি *t* সেকেণ্ডে *Q* পরিমাণ তড়িৎ পরিবাহী বস্তুর ভিতর দিয়া প্রবাহিত হয় তবে প্রবাহ-মাত্রা হইবে : $C = \frac{Q}{t}$, তড়িতের প্রবাহ-মাত্রার ইয়ুনিটকে বলা হয় **অ্যাম্পেয়ার** (Ampere)। তড়িতের **পরিমাণ** মাপা হয় কত অ্যাম্পেয়ার তড়িৎ-প্রবাহ কত সেকেণ্ড প্রবাহিত হয় তাহার গুণফল বাহির করিয়া। তড়িতের পরিমাণকে (quantity) বলা হয় **কুলম্ব** (Coulomb)।

ব্যবহারিক একক

(i) **তড়িতের প্রবাহ-মাত্রার একক** (Unit of current strength) : যে তড়িৎ-প্রবাহ চালাইবার ফলে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ হইতে এক সেকেণ্ডে ·001118 গ্রাম সিলভার ক্যাথোডের উপর সঞ্চিত হয় তাহাকে বলা হয় এক **অ্যাম্পেয়ার** (Ampere)।

(ii) **তড়িতের পরিমাণ নির্ণয়ের একক** (Unit of quantity of electricity) : যে-পরিমাণ তড়িৎ সিলভার নাইট্রেট (silver nitrate) দ্রবণের ভিতর দিয়া চালাইলে ক্যাথোডে ·001118 গ্রাম সিলভার সঞ্চিত হয় তাহাকে বলা হয় এক **কুলম্ব** (Coulomb) তড়িৎ।

যদি *c* অ্যাম্পেয়ার তড়িৎ-প্রবাহ *t* সেকেণ্ড চালানো যায় তবে যে-পরিমাণ তড়িৎ ব্যয় হয় তাহা যদি কুলম্ব *Q* হয়, তবে : $Q = c \times t$.

সুতরাং অ্যাম্পিয়ার ও কুলম্বের সমন্ধ : **কুলম্ব = অ্যাম্পেয়ার × সেকেণ্ড**

(iii) **ফ্যারাডে** (Faraday) : কোন ইলেকট্রোলাইট তথা তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্যে যে পরিমাণে তড়িৎ চালাইলে এক গ্রাম তুল্যাংক (gram-equivalent) ওজনে আয়ন উৎপন্ন হয় তাহাকে এক ফ্যারাডে বলা হয়। ফ্যারাডে কুলম্বের বৃহত্তর একক। [যেমন, মিটারকে বলা হয় সেন্টিমিটারের বৃহত্তম একক] 96,500 কুলম্ব = 1 ফ্যারাডে।

কুলম্বের সংজ্ঞা অনুযায়ী :

1 কুলম্ব তড়িৎ উৎপন্ন করিতে পারে ·001118 গ্রাম সিলভার
সুতরাং, 96,500 „ „ „ „ 96,500 × ·001118
= 108 গ্রাম সিলভার

108 গ্রাম সিলভার এই ধাতুর গ্রাম-তুল্যাংকের সমান। অর্থাৎ **1 ফ্যারাডে পরিমাণের তড়িৎ চালাইলে যে-কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্যের দ্রবণ হইতে এক গ্রাম-তুল্যাংক (Gram-equivalent) পরিমাণ মৌলিক পদার্থ উৎপন্ন হইবে।** সুতরাং 1 ফ্যারাডে তড়িৎ চালাইলে 1 গ্রাম হাইড্রোজেন, 8 গ্রাম অক্সিজেন, 35·5 গ্রাম ক্লোরিন, 12 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম, 31·78 গ্রাম কপার, 23 গ্রাম সোডিয়াম এবং 32·5 গ্রাম জিংক উৎপন্ন হইবে। [ইহা ফ্যারাডের সূত্র হইতে প্রাপ্ত]

ফ্যারাডের তড়িদ্‌বিশ্লেষণ সূত্র

(Faraday's Laws of Electrolysis)

কত পরিমাণ তড়িৎ-প্রবাহের ফলে ইলেকট্রোলাইট বা তড়িৎ-বিশ্লেষ্য কি পরিমাণে বিশ্লিষ্ট হয় সে-সম্বন্ধে 1832 খ্রীষ্টাব্দে বৃটিশ বিজ্ঞানী **ফ্যারাডে** দুইটি সূত্র প্রকাশ করেন। সূত্র দুইটি ফ্যারাডের সূত্র নামে পরিচিত।

1. **ফ্যারাডের প্রথম সূত্র** **(Faraday's Fist Law of Electrolysis) :**

মাইকেল ফ্যারাডে (1791—1867)

কোন একটি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য তথা ইলেক্‌ট্রোলাইটে কত পরিমাণে তড়িৎ চালাইলে তড়িদ্‌দ্বারে কত পরিমাণ আয়ন উৎপন্ন বা সঞ্চিত করা যায় তাহা ফ্যারাডে প্রথম সূত্রে নির্দেশ করেন। সূত্রটি এই :

তড়িদ্দ্বারে উৎপন্ন বা সঞ্চিত আয়নের ওজন ইলেক্‌ট্রোলাইটের তথা তড়িদ্‌বিশ্লেষ্যে প্রবাহিত তড়িতের সমানুপাতিক (Proportional)।

মনে করা যাক যে, কোন একটি তড়িদ্‌ বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্যে যে পরিমাণ তড়িৎ চালনা করা হইয়াছে তাহা Q কুলম্ব। এবং তড়িদ্দ্বারে যত পরিমাণ আয়ন সঞ্চিত বা উৎপন্ন হইয়াছে তাহা W গ্রাম। সূত্র অনুযায়ী, W গ্রাম আয়ন সঞ্চিত হয় Q কুলম্ব তড়িৎমাত্রার অনুপাতে

অর্থাৎ $W \propto Q$ $\quad \therefore W = Z \times Q$

[Z = একটি নিত্য-সংখ্যা (constant)]

কিন্তু, কুলম্ব = অ্যাম্পেয়ার (c) × সেকেণ্ড (t)

অর্থাৎ, $Q = c \times t$ $\quad \therefore W = Z \times c \times t.$

Z একটি নিত্য-সংখ্যা বটে, কিন্তু ইহার মান নির্ভর করে পদার্থের বৈশিষ্ট্য বা প্রকৃতির উপরে। তাই, Z-এর মূল্য বিভিন্ন পদার্থের ক্ষেত্রে বিভিন্ন।

দুইটি বিভিন্ন পদার্থের মধ্যে একই Q কুলম্ব পরিমাণ তড়িৎ প্রয়োগে তড়িদ্‌-বিশ্লেষণের ফলে যদি W_1 ও W_2 গ্রাম ওজনের দুইটি পদার্থ উৎপন্ন বা সঞ্চিত হয়, তাহা হইলে সূত্র অনুযায়ী : $W_1 \propto Q$ এবং $W_2 \propto Q$

অথবা, $W_1 = Z_1 Q$ এবং $W_2 = Z_2 Q$, সুতরাং $\frac{W_1}{W_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$

তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক

(Electro-Chemical Equivalent, E. C. E.)

যদি কোন বিশ্লেষ্য পদার্থে 1 কুলম্ব তড়িৎ চালানো হয় অর্থাৎ, 1 অ্যাম্পেয়ার তড়িৎ (c) 1 সেকেণ্ডের (t) জন্য চালানো হয় তবে ফ্যারাডের প্রথম সূত্র হইতে পাওয়া যায় :

$W = Z \times Q$ বা, $W = Z \times c \times t$ $\quad$ [$\because$ Z নিত্য-সংখ্যা]

এখানে, $Q = 1$, $C = 1$, $t = 1$,

সুতরাং, $W = Z \times 1$ বা $W = Z \times 1 \times 1$, অর্থাৎ $W = Z.$

এই নিত্য-সংখ্যা Z-কে বলা হয় **তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক বা ইলেক্‌ট্রো-কেমিক্যাল ইকুইভ্যালেণ্ট** (E. C E.)। ইহা মাপা হয় গ্রাম হিসাবে। বিভিন্ন পদার্থের ক্ষেত্রে ইহার মাত্রা বিভিন্ন রকম।

তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক : এক কুলম্ব তড়িৎ-প্রবাহ বা এক অ্যাম্পেয়ার তড়িৎ এক সেকেণ্ড চালাইবার ফলে যত গ্রাম পদার্থ

উৎপন্ন হয় তাহাই সেই পদার্থের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক বা ইলেক্‌ট্রো-কেমিক্যাল ইকুইভ্যালেন্ট (E. C. E.)।

সুতরাং দেখা যায় একই পরিমাণ তড়িৎ বিভিন্ন পদার্থের মধ্যে চালনা করিলে বিভিন্ন পরিমাণ আয়ন সঞ্চিত হয়। অর্থাৎ, সঞ্চিত আয়নের পরিমাণ ইহার তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংকের উপর নির্ভর করে এবং ইহা ওজন সংখ্যারূপে তথা গ্রাম হিসাবে প্রকাশ করা হয়।

এক কুলম্ব তড়িৎ সিলভার নাইট্রেট ($AgNO_3$) দ্রবণ হইতে ·001118 গ্রাম সিলভার এবং জল (H_2O) হইতে ·0000104 গ্রাম হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

সুতরাং হাইড্রোজেনের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক = ·0000104 গ্রাম

সিলভারের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক = ·001118 গ্রাম

প্রথম সূত্রের উপসূত্র : ফ্যারাডের প্রথম সূত্রের উপসূত্রটিকে তাই এইভাবে লেখা যায় $\frac{W_1}{W_2}=\frac{Z_1}{Z_2}$ বা $\frac{W_1}{W_2}=\frac{E.C.E_1}{E.C.E_2}$ অর্থাৎ,

$$\frac{\text{প্রথম বারে সঞ্চিত আয়নের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক}}{\text{দ্বিতীয় বারে সঞ্চিত আয়নের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক}}=\frac{\text{প্রথম বারে সঞ্চিত আয়নের ওজন}}{\text{দ্বিতীয় বারে সঞ্চিত আয়নের ওজন}}$$

2. **ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্র** (Faraday's Second Law of Electrolysis) :

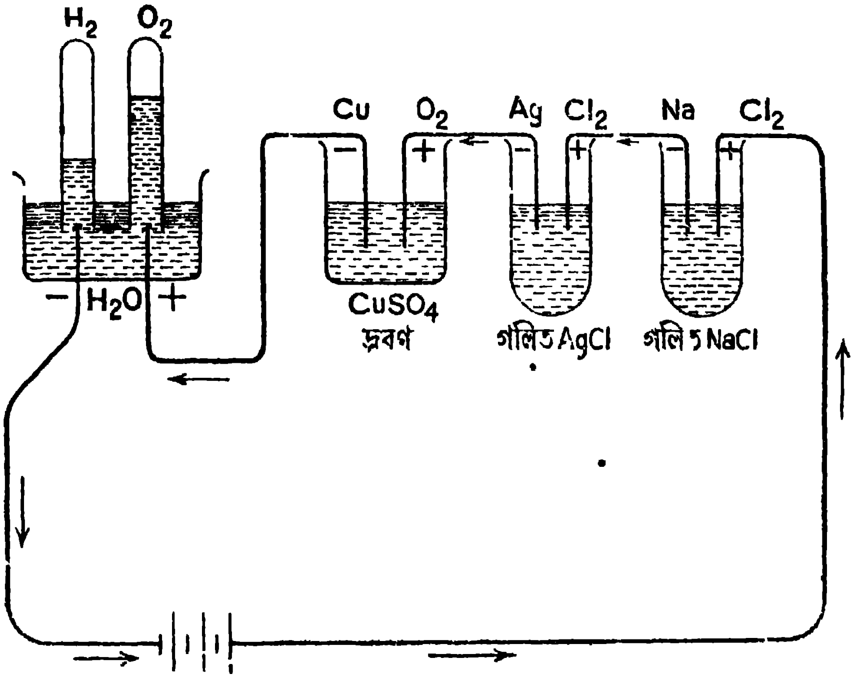
একাধিক তড়িদ্‌-বিশ্লেষ্য বা ইলেক্‌ট্রোলাইটের মধ্যে সমপরিমাণে তড়িৎ চালনার ফলে বিভিন্ন আয়ন নিজেদের রাসায়নিক তুল্যাংকের অনুপাতে তড়িদ্দ্বারে উৎপন্ন বা সঞ্চিত হয়।

একই পরিমাণ তড়িৎ বিভিন্ন তড়িৎ বিশ্লেষ্য তথা ইলেকট্রোলাইটের মধ্যে চালনা করিলে বিভিন্ন পদার্থের তড়িদ্‌বিশ্লেষণে বিভিন্ন পরিমাণের যে আয়ন উৎপন্ন হয় সেই আয়নগুলির ওজনগত বা তৌলিক অনুপাত নির্ধারিত করা যায় ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্র অনুযায়ী।

এই সূত্রটি অন্যভাবে প্রকাশ করিয়া বলা যায় যে, **কোন ইলেক্‌ট্রোলাইটে তড়িৎ চালনার ফলে রাসায়নিক তুল্যাংকের অনুপাতে আয়ন উৎপন্ন বা সঞ্চিত হয়।**

পর পর সাজানো জল (H_2O), কপার সালফেট ($CuSO_4$) দ্রবণ, গলিত (fused) সিলভার ক্লোরাইড ($AgCl$) এবং গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইড

(NaCl) পূর্ণ ভল্টামিটারে একই সময়ের জন্য একই মাত্রায় তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে অর্থাৎ সম পরিমাণ তড়িতের জন্য পাওয়া যাইবে হাইড্রোজেন, কপার, অক্সিজেন, সিলভার, সোডিয়াম ও ক্লোরিন (H_2, O_2, Cu, Ag, Na



বিভিন্ন ইলেক্‌ট্রোলাইটে একই তড়িৎ প্রবাহ চালনার ফলে বিভিন্ন মৌলের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক নির্ণয়

এবং Cl_2) , এবং এরূপ তড়িদ্‌বিশ্লেষণে যদি হাইড্রোজেন পাওয়া যায় 1 গ্রাম তবে অক্সিজেন, কপার, সিলভার, সোডিয়াম ও ক্লোরিন পাওয়া যাইবে যথাক্রমে 8, 31·8, 108, 23 এবং 35 5 গ্রাম। কারণ হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, কপার, সিলভার সোডিয়াম ও ক্লোরিনের রাসায়নিক তুল্যাংক যথাক্রমে 1, 8, 31·8, 108, 23 এবং 35·5.

সুতরাং বলা যায় E_1 ও E_2 যদি হয় কোন দুইটি মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক তুল্যাংক এবং একই তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে যদি উৎপন্ন হয় W_1 গ্রাম ও W_2 গ্রাম মৌলিক পদার্থ বা আয়ন, তবে দ্বিতীয় সূত্রানুযায়ী : (মৌল বা মূলক উৎপন্ন হইবে ইহাদের রাসায়নিক তুল্যাংকের [Chemical Equivalent] অনুপাতে ;) $W_2 \propto E_1$ এবং $W_2 \propto E_2$

সুতরাং দ্বিতীয় সূত্রটি ফর্মুলার আকারে লেখা যায় :

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{E_1}{E_2}$$

প্রথম ও দ্বিতীয় সূত্রের সংযুক্ত ফর্মুলা

(Combined formula of the two laws)

প্রথম সূত্র অনুযায়ী : $W \propto c.t.$ দ্বিতীয় সূত্র অনুযায়ী : $W \propto E$, সুতরাং যুক্তভাবে লেখা যায় : $W \propto E.c.t.$

মনে কর, $\frac{1}{F}$ = আনুপাতিক নিত্য-সংখ্যা (Proportionality constant)

তাহ হইলে : $W = \frac{E \times c \times t}{F}$

$c.t$ পরিমাণ তড়িৎ যদি হয় $= F$, তাহা হইলে $W = E$,

অর্থাৎ যখন $F = c\,t$, তখন রাসায়নিক তুল্যাংক পরিমাণ আয়ন বা পদার্থ উৎপন্ন হয়।

এই F-কে বলা হয় ফ্যারাডে।

রাসায়নিক তুল্যাংক ও তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংকের সম্বন্ধ

(Relation between chemical equivalent and Electro-chemical equivalent):

ফ্যারাডের প্রথম সূত্র অনুযায়ী :

$$\left.\begin{array}{l} W_1 = Q \times Z_1 \\ W_2 = Q \times Z_2 \end{array}\right\} \text{ অথবা } \frac{W_1}{W_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

এবং ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্র অনুযায়ী :

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{E_1}{E_2}$$

W = উৎপন্ন আয়নের বা মৌলের ওজন ; E = রাসায়নিক তুল্যাংক ,

Z = উৎপন্ন পদার্থের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক।

$$\text{সুতরাং } \frac{W_1}{W} = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{E_1}{E_2} \text{ ; অর্থাৎ } \frac{E_1}{E_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

ইহার মধ্যে একটি পদার্থ W_2 যদি হয় হাইড্রোজেন, তাহা হইলে $E_2 = 1$ এবং $Z_2 = \cdot 0000104$ গ্রাম (পরীক্ষালব্ধ)।

$$\text{অর্থাৎ, } \frac{E_1}{1} = \frac{Z_1}{\cdot 0000104} \qquad \therefore Z_1 = E_1 \times \cdot 0000104 \text{ গ্রাম}$$

সুতরাং সাধারণভাবে লেখা যায় : $Z = E \times \cdot 0000104$ গ্রাম

অর্থাৎ, কোন পদার্থের—

তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক = রাসায়নিক তুল্যাংক × ·0000104 গ্রাম

অর্থাৎ, $E\ C.\ E. = C.\ E. \times \cdot 0000104$ গ্রাম

[হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 1·008 ধরা হইলে

$Z = E \times 0000104/1\cdot 008$]

উদাহরণ : (1) সিলভারের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক

$Z_{Ag} = E_{Ag} \times 0000104$ গ্রাম

$= 108 \times \cdot 0000104 = \cdot 001118$ গ্রাম

অনুরূপভাবে : $Z_O = 8 \times 0000104$ গ্রাম $= 0000832$ গ্রাম

$Z_{Cu} = 31\cdot 8 \times \cdot 0000104$ গ্রাম $= \cdot 0003298$ গ্রাম

$Z_{Mg} = 12 \times 0000104$ গ্রাম $= \cdot 000125$ গ্রাম

ফ্যারাডে ও তুল্যাংকভার

(Faraday and Equivalent weight)

1 কুলম্ব তড়িৎ উৎপন্ন করে ·0000104 গ্রাম হাইড্রোজেন

এবং 1 ফ্যারাডে = 96,500 কুলম্ব

সুতরাং 1 ফ্যারাডে উৎপন্ন করে

$= 0000104 \times 96{,}500$ গ্রাম হাইড্রোজেন

$= 1$ গ্রাম H_2 = তুল্যাংকভার পরিমাণ হাইড্রোজেন।

সুতরাং, ফ্যারাডে হিসাবে তড়িতের একক ধরা হইলে যে পরিমাণে আয়ন উৎপন্ন হয় তাহা সূত্রের আকারে প্রকাশ করিয়া লেখা যায় :

এক ফ্যারাডে তড়িৎ চালনার ফলে প্রতি তড়িদ্দ্বারে এক গ্রাম-তুল্যাংক (Gram-equivalent) পরিমাণ আয়ন উৎপন্ন বা সঞ্চিত হয়। যথা : 1 ফ্যারাডে তড়িৎ চালাইয়া সোডিয়াম ক্লোরাইড, কপার সালফেট ও জল (NaCl, $CuSO_4$, H_2O) হইতে সোডিয়াম, ক্লোরিন, কপার, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন (Na, Cl_2, Cu, H_2 এবং O_2) পাওয়া যাইবে যথাক্রমে 23, 35·5, 31·8, 1 এবং 8 গ্রাম।

গ্রাম আয়নের চার্জ
(Charge on Gram Ion)

আয়নের ওজন গ্রাম হিসাবে প্রকাশ করা হইলে এইরূপ ওজনকে বলা হয় **গ্রাম আয়ন**। একটি গ্রাম আয়ন সংখ্যা হিসাবে একটি গ্রাম-অ্যাটমের সমান। একটি **গ্রাম-অ্যাটমে** পরমাণুর সংখ্যা$=6{\cdot}03\times10^{23}$, ইহাকে বলা হয় **অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা** (Avogadro's Number)। এক **গ্রাম পরমাণু** হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, সোডিয়াম ও ক্যালসিয়ামের ওজন যথাক্রমে 1 গ্রাম, 16 গ্রাম, 23 গ্রাম এবং 40 গ্রাম। সুতরাং 1 গ্রাম হাইড্রোজেন বা 16 গ্রাম অক্সিজেন বা 23 গ্রাম সোডিয়াম বা 40 গ্রাম ক্যালসিয়ামে থাকে $6{\cdot}03\times10^{23}$ সংখ্যক পরমাণু।

একটি হাইড্রোজেন আয়নের চার্জকে ইযুনিট ধরিয়া অন্যান্য আয়নের চার্জ নির্ণয় করা হয়। কোন্ আয়নের কত চার্জ হইবে তাহা আয়নের যোজ্যতার উপরে নির্ভর করে। সম-যোজ্যতার সকল প্রকার আয়নের চার্জ সমান অর্থাৎ আয়নের চার্জ আয়নের যোজ্যতার আনুপাতিক। একযোজী ক্লোরিন (Cl^-), সোডিয়াম (Na^+) ইত্যাদি আয়নের চার্জ এক। দুইযোজী অক্সিজেন ($O^=$), ম্যাগনেসিয়াম (Mg^{++}), ক্যালসিয়াম (Ca^{++}), ইত্যাদির চার্জ দুই। তিনযোজী অ্যালুমিনিয়াম (Al^{+++}) বা ফেরিক আয়রনের (Fe^{+++}) চার্জ তিন।

ফ্যারাডের সূত্র হইতে জানা যায় যে 96,500 কুলম্ব বা এক (1) ফ্যারাডে পরিমাণ তড়িৎ বহন করে এক গ্রাম তুল্যাংক পরিমাণ আয়ন। আমরা আরও জানি যে :

$$\text{গ্রাম তুল্যাংক}=\frac{\text{গ্রাম আয়ন}}{\text{যোজ্যতা}}$$

সুতরাং, গ্রাম আয়নের চার্জ = গ্রাম তুল্যাংকের চার্জ × যোজ্যতা

= 1 ফ্যারাডে × যোজ্যতা

= 96,500 কুলম্ব × যোজ্যতা

গ্রাম-আয়ন	যোজ্যতা	চার্জ
সোডিয়াম (Na^+) (23 গ্রাম)	1	1 ফ্যারাডে = 96,500 কুলম্ব
ক্লোরিন (Cl^-) (35·5 গ্রাম)	1	,, ,, ,,
অ্যামোনিয়াম (NH_4^+) (18 গ্রাম)	1	,, ,, ,,
ম্যাগনেসিয়াম (Mg^{++}) (24 গ্রাম)	2	2 ফ্যারাডে = 2 × 96,500 কুলম্ব
কপার (Cu^{++})(63·5 গ্রাম)	2	,, ,,
ক্যালসিয়াম (Ca^{++}) (40 গ্রাম)	2	,, ,,
সালফেট (SO_4^{--}) (96 গ্রাম)	2	,, ,,
অ্যালুমিনিয়াম (Al^{+++}) (27 গ্রাম)	3	3 ফ্যারাডে = 3 × 96,500 কুলম্ব
ফেরিক আয়রন (Fe^{+++}) (56 গ্রাম)	3	,, ,,
ফসফেট (PO_4^{---}) (95 গ্রাম)	3	,, ,,

আয়নিক চার্জের একক

(Unit of Ionic Charge)

হাইড্রোজেন আয়নের চার্জ এক ধরিয়া অন্যান্য আয়নের চার্জ নির্ণয় করা হয়। কিন্তু আমরা জানি এক **গ্রাম-আয়ন** অর্থাৎ 1 গ্রাম হাইড্রোজেন (সঠিক ওজন অনুযায়ী 1·008 গ্রাম) চার্জ বহন করে 96,500 কুলম্ব। আমরা আরও জানি যে, যে-কোন এক গ্রাম হাইড্রোজেনে $6{\cdot}03 \times 10^{23}$ সংখ্যক পরমাণু থাকে। সুতরাং,

$$\text{একটি হাইড্রোজেন পরমাণু চার্জ বহন করে} = \frac{\text{এক গ্রাম হাইড্রোজেন পরমাণুর চার্জ}}{\text{এক গ্রাম হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা}}$$

$$= \frac{96{,}500}{6{\cdot}08 \times 10^{23}} \text{ কুলম্ব}$$

$$= 1{\cdot}601 \times 10^{-19} \text{ কুলম্ব}$$

সুতরাং, একটি হাইড্রোজেন আয়ন $1{\cdot}601 \times 10^{-19}$ কুলম্ব পজেটিভ চার্জ বহন করে। ইহাই এক ইয়ুনিট আয়নিক বা ইলেক্‌ট্রোনিক চার্জ। একটি ইলেক্‌ট্রনও $1{\cdot}601 \times 10^{-19}$ কুলম্ব নেগেটিভ চার্জ বহন করে। তাই ইলেক্‌ট্রনের চার্জকে (e) তড়িতের ইয়ুনিট ধরা হয়।

তড়িৎ বা আয়নীয় বিয়োজনবাদ

(Theory of Electrolytic or Ionic Dissociation)

কি ভাবে অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণের মধ্যে তড়িদ্‌বিশ্লেষণ ঘটে সে সম্বন্ধে ফ্যারাডের কোন ধারণা ছিল না। তড়িদ্‌বিশ্লেষণ সম্বন্ধে সুইডিস রাসায়নিক **আর্‌হেনিয়াস** (Arrhenius) ফ্যারাডে সূত্র প্রকাশের পঞ্চান্ন বৎসর পরে 1887 খ্রীষ্টাব্দে একটি মতবাদ বা থিওরী প্রকাশ করেন। এই মতবাদ **তড়িদ্-বিয়োজনবাদ** বা **আয়নীয় বিয়োজনবাদ** তথা **থিওরী অব ইলেকট্রোলাইটিক** বা **আয়নিক ডিসোসিয়েশন** (Electrolytic or Ionic Dissociation) নামে পরিচিত। এই মতবাদ প্রকাশের পরে তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতি অনুধাবন এবং অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণের গঠন এবং অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রশমন ক্রিয়া সম্বন্ধে এক নূতন আলোকপাত হয়। এই মতবাদ অনুযায়ী :

বিজ্ঞানী আর্‌হেনিয়াস

1. অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণ দ্রবীভূত বা গলিত (fused) অবস্থায় স্বতঃস্ফূর্তভাবে বিয়োজিত হইয়া পজেটিভ ও নেগেটিভ বিদ্যুদ্‌বাহী আয়নে পরিণত হয়। এরূপ দ্রবণে সমগ্র পজেটিভ-ধর্মী আয়নের চার্জ বা তড়িতের পরিমাণ এবং সমগ্র নেগেটিভ ধর্মী আয়নের চার্জ বা তড়িতের পরিমাণ সমান থাকে বলিয়া দ্রবণে বাহ্যত কোন তড়িদ্‌ধর্ম প্রকাশ পায় না।

সাধারণত কোন দ্রবণের অ্যাসিড, ক্ষার বা লবণ সম্পূর্ণভাবে আয়নিত হয় না,—বিশ্লেষ্য আংশিকভাবে আয়নরূপে বিশ্লিষ্ট বা বিযুক্ত হয়। এই আয়ন ও অ-বিশ্লিষ্ট যৌগ প্রতিমুখী বিক্রিয়ায় (reversible reaction) পরস্পরের পরিমাণে সমতা রক্ষা করে। HCl, NaOH, $CuSO_4$ এবং NaCl—এইভাবে বিশ্লিষ্ট হইয়া, আয়ন এবং অ-বিশ্লিষ্ট বা অবিযুক্ত পদার্থের মধ্যে সর্বদা সমতা রক্ষা করে।

যথা : $HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$, $NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$

$CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{++} + SO_4^{=}$; $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$

[সাধারণত এই সকল বস্তু গলিত অথবা দ্রবীভূত অবস্থায় সম্পূর্ণ আয়নিত থাকে।]

2. কোন্ পদার্থ কি পরিমাণে বিশ্লেষিত ও বিযুক্ত হইয়া আয়ন গঠন করে তাহা নির্ভর করে প্রধানত সেই তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের (electrolyte) (i) **ধর্ম**, (ii) **দ্রবণের লঘুতা** (dilution), (iii) **উত্তাপ** এবং (iv) **দ্রাবকের ধর্মের** উপরে।

তীব্র ইলেকট্রোলাইট : হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড এবং সোডিয়াম ক্লোরাইড (HCl, NaOH, NaCl) জাতীয় অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণের লঘু দ্রবণ প্রায় সম্পূর্ণভাবে আয়নরূপে বিশ্লিষ্ট হয়। দ্রবীভূত বা বিগলিত অবস্থায় যে যৌগ অতিরিক্ত মাত্রায় আয়নরূপে বিয়োজিত হয় তাহাকে **তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য** (Strong Electrolyte) বলা হয়।

মৃদু ইলেকট্রোলাইট : যে সমস্ত যৌগ স্বল্প মাত্রায় আয়নরূপে বিয়োজিত হয় তাহাদের বলা হয় **মৃদু তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থ** (Weak Electrolyte)। জল, কার্বনিক অ্যাসিড, অ্যাসেটিক অ্যাসিড, মারকিউরিক ক্লোরাইড ইত্যাদি।

কোন দ্রবণের লঘুতা যত বাড়ে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আয়ন বিশ্লেষণের ক্ষমতাও তত বাড়ে। দ্রবণের তাপ বৃদ্ধির ফলেও দ্রবণের আয়ন বিশ্লেষণ বা বিয়োজন ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়। তাই, লঘুতা বা তাপ বৃদ্ধির ফলে অর্থাৎ দ্রবণের তড়িদ্-বিয়োজনের মাত্রা বৃদ্ধি পাওয়ায় দ্রবণের তড়িৎ-পরিবহণ (conductivity) ক্ষমতাও বৃদ্ধি পায়।

3. দ্রবণের মধ্যে তড়িৎ-পরিবহণের কাজ করে আয়ন কণাগুলি। অবিশ্লিষ্ট পদার্থ তড়িৎ-পরিবহণে কোন অংশ গ্রহণ করে না। পজেটিভ আয়ন পজেটিভ চার্জ বহন করিয়া নেগেটিভ তড়িদ্‌দ্বারের দিকে ধাবিত হয় এবং নেগেটিভ আয়ন নেগেটিভ চার্জ বহন করিয়া পজেটিভ তড়িদ্‌দ্বারের দিকে ধাবিত হয়। বিপরীতধর্মী তড়িতের সংস্পর্শে তথা ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জন করিয়া তড়িদ্‌দ্বারে আয়ন প্রশমিত হইয়া তড়িদ্‌ধর্মহীন পদার্থকণায় পরিণত হয়। এইভাবে বিশ্লিষ্ট আয়নের পরিমাণ কমাইবার সঙ্গে সঙ্গে অবিশ্লিষ্ট পদার্থ বিশ্লেষিত হইয়া নূতন আয়ন গঠন করে এবং আয়ন ও অবিশ্লিষ্ট পদার্থের মধ্যে নূতন সমতা (equilibrium) সৃষ্টি হয় ও তড়িদ্‌বিশ্লেষণ ক্রিয়া অব্যাহত থাকে।

18°C তাপাংকে 0·1 নর্ম্যাল দ্রবণে অ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণের বিয়োজন মাত্রা

ইলেকট্রোলাইট	ফর্মুলা	শতাংশিক বিয়োজন মাত্রা
অ্যাসিড		
হাইড্রোক্লোরিক	HCl	92
নাইট্রিক	HNO_3	92
সালফিউরিক	H_2SO_4	58
ফস্ফরিক	H_3PO_4	27
কার্বনিক	H_2CO_3	0·17
হাইড্রোসিয়ানিক	HCN	0·01
হাইড্রোজেন সালফাইড	H_2S	0·07
ক্ষার		
পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড	KOH	89
সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড	$NaOH$	84
অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড	NH_4OH	1·3
বেরিয়াম হাইড্রক্সাইড	$Ba(OH)_2$	92
লবণ		
সোডিয়াম ক্লোরাইড	$NaCl$	84
অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড	NH_4Cl	85
সিল্ভার নাইট্রেট	$AgNO_3$	81
জিংক ক্লোরাইড	$ZnCl_2$	73
কপার সালফেট	$CuSO_4$	40

রাসায়নিক তুল্যাংক নির্ণয় •

(Determination of Chemical Equivalent)

যদি কোন পদার্থের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক জানা থাকে তাহা হইলে সেই পদার্থের রাসায়নিক তুল্যাংকও সহজেই নির্ণয় করা যায়। কারণ, আমরা জানি :

তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক = রাসায়নিক তুল্যাংক × ·0000104

অর্থাৎ, $Z = E \times \cdot 0000104$ অথবা $E = \frac{Z}{\cdot 0000104}$,

তথা: রাসায়নিক তুল্যাংক = $\frac{\text{তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক}}{\cdot 0000104}$

উদাহরণ : (i) $E_{H} = \frac{\cdot 0000104}{\cdot 0000104} = 1$, (ii) $E_{Ag} = \frac{\cdot 001118}{\cdot 0000104} = 108$

(iii) $E_{O} = \frac{\cdot 0000829}{\cdot 0000104} = 8$, (iv) $E_{Cu} = \frac{\cdot 0003298}{\cdot 0000104} = 31 \cdot 78$

কপারের তুল্যাংকভার নির্ণয় (Eq. wt of Copper) :

(1) একটি ভল্টামিটারে (Voltameter) দুইটি কপার তড়িদ্দ্বার ফিট কর। ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারটি বিশুদ্ধ কপার ধাতুতে তৈরী হওয়া প্রয়োজন। এখন ভল্টামিটারে কপার সালফেট দ্রবণ লও এবং ইহার মধ্যে কয়েক ফোঁটা সালফিউরিক অ্যাসিড ফেল। তড়িদ্বিশ্লেষণ সুরু হইবার আগে ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারটি পরিষ্কার করিয়া ধুইয়া এবং শুষ্ক করিয়া ইহার ওজন লও। এখন তড়িদ্দ্বার দুইটি দ্রবণে রাখিয়া ব্যাটারীর সঙ্গে যুক্ত কর এবং তড়িৎ চালাও। কতক্ষণ তড়িৎ চালান হইল তাহা লক্ষ্য কর এবং কত পরিমাণ তড়িৎ-প্রবাহ চালান হইল অ্যাম্মিটার (Ammeter) দেখিয়া তাহা লিখিয়া লও। তড়িদ্বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে কপার ধাতু সঞ্চিত হইবে। ক্যাথোডটি ধুইয়া এবং শুকাইয়া পুনরায় ইহার ওজন লও এবং এইভাবে গণনা কর :

সঞ্চিত কপারের ওজন

= ক্যাথোড দণ্ডের দ্বিতীয় ওজন − ক্যাথোড দণ্ডের প্রথম ওজন = W গ্রাম

তড়িৎ প্রবাহের পরিমাণ $= c$ অ্যাম্পেয়ার , সময় $= t$ সেকেণ্ড

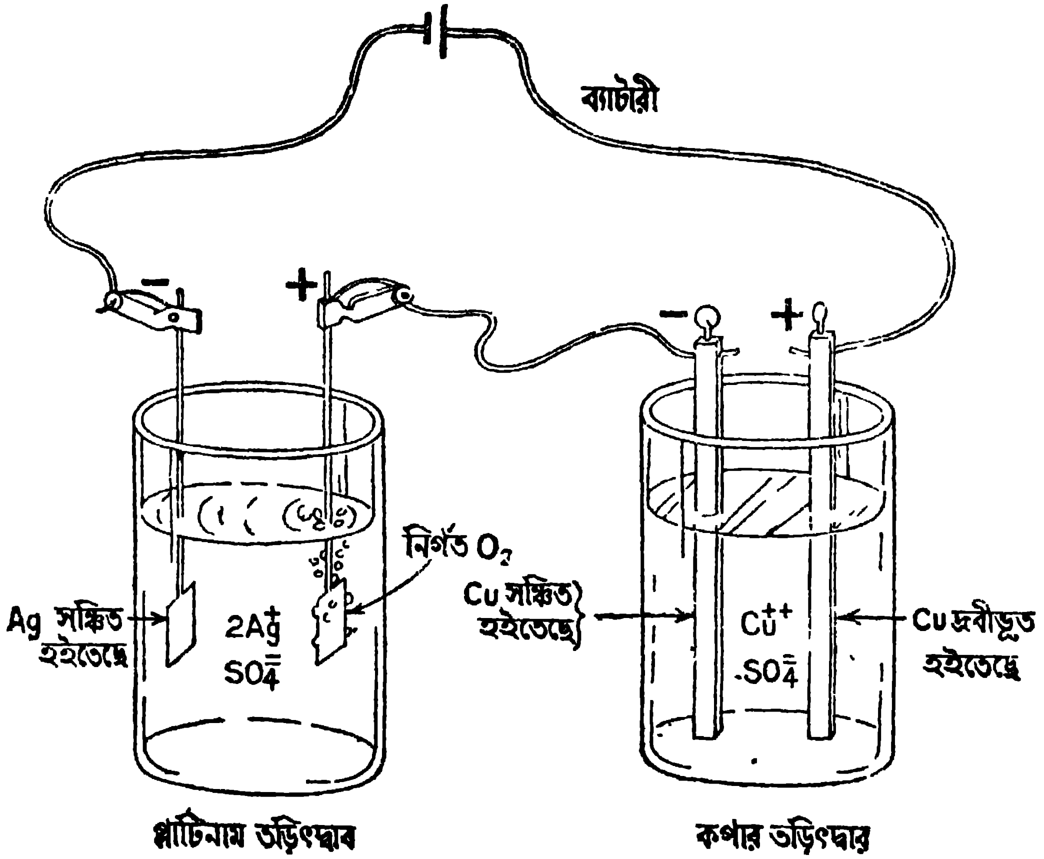
ফ্যারাডের সূত্র অনুযায়ী, $W = Z.\, c\ t$

$$\text{অথবা } Z = \frac{W}{c.t},\ [\because\ Z = \text{কপারের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক}]$$

আমরা জানি কপারের রাসায়নিক তুল্যাংক

$$= \frac{\text{কপারের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক}}{\cdot 0000104}$$

$$= \frac{W}{c.t \times \cdot 0000104}$$



প্লাটিনাম তড়িৎদ্বার কপার তড়িৎদ্বার

(ii) দুইটি ভল্টামিটারে কপার সালফেট ও সিলভার সালফেট বা নাইট্রেট দ্রবণ লও। ক্যাথোডরূপে বিশুদ্ধ কপার ও সিলভার ধাতুর পাত ব্যবহার করিতে হইবে। দুইটি ভল্টামিটারে একই পরিমাণ তড়িৎ চালাইয়া তড়িদ্‌বিশ্লেষণ সম্পন্ন কর। তড়িদ্‌বিশ্লেষণের আগে ও পরে কপার ও সিলভার ক্যাথোডের ওজন লইয়া কত কপার ও কত সিলভার সঞ্চিত হইল তাহা নির্ণয়

কর। এখন একটি ধাতুর রাসায়নিক তুল্যাংক জানিয়া অপরটির তুল্যাংক স্থির কর। যথা :

$$\frac{\text{ক্যাথোডে সঞ্চিত কপারের ওজন}}{\text{ক্যাথোডে সঞ্চিত সিলভারের ওজন}}=\frac{\text{কপারের তুল্যাংক}}{\text{সিলভারের তুল্যাংক}}$$

অথবা, $\frac{W_1}{W_2}=\frac{E_{Au}}{E_{Ag}}$

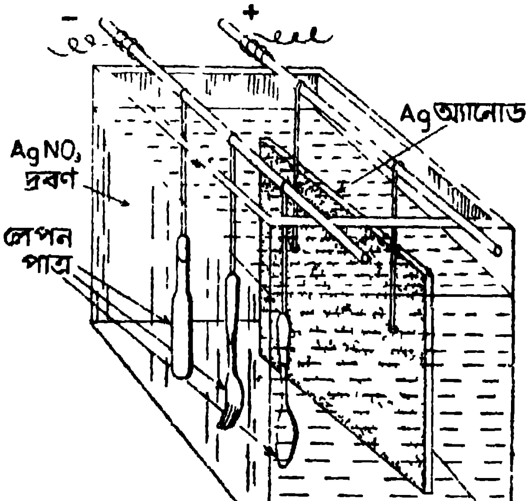
সিলভারের তুল্যাংক $=107.88$, সুতরাং কপারের তুল্যাংক সহজেই গণনা করা সম্ভব।

সুতরাং $E_{Cu}=E_{Ag}\times\frac{W_1}{W_2}$

তড়িদ্বিশ্লেষণ পদ্ধতির ব্যবহারিক প্রয়োগ

(Practical application of Electrolysis)

(1) **তড়িৎ-লেপন বা ইলেকট্রোপ্লেটিং** (Electroplating) : জলবায়ুর প্রকোপ হইতে রক্ষা করার জন্য এবং অন্যান্য প্রয়োজনে লোহা, তামা ইত্যাদি ধাতু দ্বারা তৈরী জিনিসপত্র, রূপা, নিকেল, ক্রোমিয়াম ইত্যাদি ধাতু দ্বারা লেপন (প্লেটিং) করা হয়। যে-দ্রব্যকে লেপন করা প্রয়োজন তাহাকে ভল্টামিটারে ক্যাথোড বা নেগেটিভ তড়িদ্দ্বার রূপে ব্যবহার করা হয় এবং যে-পদার্থ দ্বারা প্রলেপ দেওয়া হয় সে পদার্থকে ব্যবহার করা হয় অ্যানোড বা পজেটিভ তড়িদ্দ্বারের দণ্ডরূপে। যে-পদার্থ দ্বারা প্রলেপ দিতে হইবে সেই পদার্থের কোন দ্রবণীয় লবণকে বিশ্লেষক্ষম যৌগরূপে (Electrolyte) ব্যবহার করা হয়। তামা, টিন বা লোহার পাত্রে রূপার প্রলেপ দেওয়ার জন্য অ্যানোডরূপে রূপার পাত, দ্রবণরূপে সিলভার নাইট্রেট এবং ক্যাথোড রূপে ব্যবহার করিতে হইবে তামা, টিন বা লোহার পাত্র। লোহার পাত্রে তামার প্রলেপের জন্য কপার



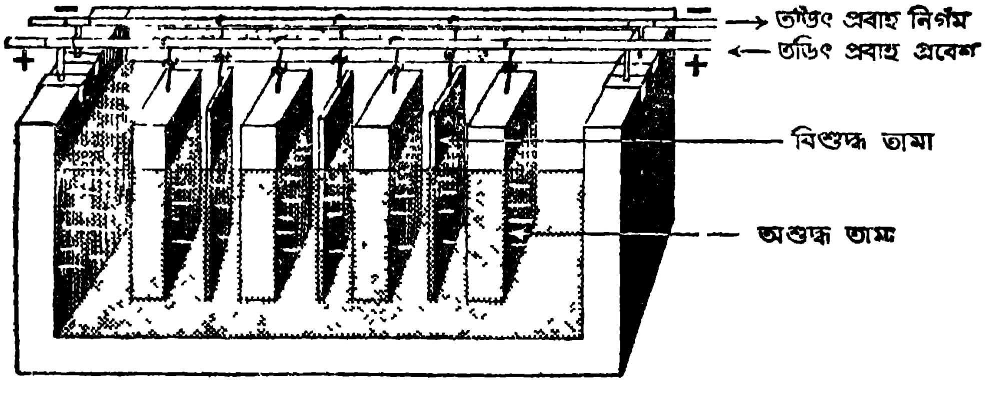
রূপা দ্বারা তড়িৎ-লেপন

অ্যানোড এবং আয়রন ক্যাথোড ও কপার সালফেট ($CuSO_4$) দ্রবণ, লোহাব পাত্রে টিনের প্রলেপের জন্য টিন অ্যানোড এবং আয়রন ক্যাথোড ও স্টেনাস ক্লোরাইড ($SnCl_2$) দ্রবণরূপে ব্যবহার কবা হয়।

(ii) **ইলেক্ট্রোটাইপিং** (Electro-typing): যে ছাঁচে টাইপ বা ব্লক কবা হইবে তাহাকে ক্যাথোডরূপে এবং যাহা দ্বারা টাইপ বা ব্লক তৈবী কবা হইবে সেই ধাতু অ্যানোডরূপে ব্যবহাব কবা হয়। ইলেকট্রোলাইটরূপে ব্যবহার করা হয় অ্যানোডরূপে ব্যবহৃত ধাতুব লবণ। ছাঁচ তৈবী কবা হয় মোম দ্বারা এবং ছাঁচেব উপবে গ্র্যাফাইট পাউডাব ছড়াইয়া দিয়া ছাঁচটিকে তড়িদ্‌দ্বারে পবিণত কবা হয়। ছাঁচেব উপরে ধাতুব প্রলেপ পড়ে।

(iii) **ধাতুনিষ্কাশন** (Extraction of Metal): তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতি অনেক প্রকাব ধাতু নিষ্কাশনের এক প্রধান উপায়। সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম ইত্যাদি এরূপ পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত করা হয়। ধাতব লবণেব তড়িদ্‌বিশ্লেষণ করিয়া ধাতু নিষ্কাশিত করা হয়।

(iv) **ধাতু পরিশোধন** (Purification of Metal): সোনা, রূপা, তামা ইত্যাদি ধাতু তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পন্থায় পবিশুদ্ধ কবা হয়। এরূপ পরিশোধন ক্রিয়ায় অপরিশুদ্ধ ধাতুকে অ্যানোডরূপে এবং শুদ্ধ ধাতুব পাত ক্যাথোডরূপে ব্যবহার কবা হয় এবং দ্রবণরূপে ব্যবহাব করা হয় সেই ধাতুব লবণ। অপরিশুদ্ধ কপাব অ্যানোড, শুদ্ধ কপাব ক্যাথোড এবং কপাব সালফেট ($CuSO_4$) দ্রবণরূপে ব্যবহার করিয়া তামার পরিশোধন কবা হয়।



অপবিশুদ্ধ তামাব পবিশোধন

(v) **বিভিন্ন রাসায়নিক যৌগ প্রস্তুতি** (Manufacture of chemical compounds): পটাসিয়াম ক্লোরেট, কষ্টিক সোডা, সোডিয়াম কার্বনেট ইত্যাদি শিল্পে প্রয়োজনীয় রাসায়নিক দ্রব্য এবং ক্লোরিন গ্যাস তড়িদ্‌-বিশ্লেষণ পন্থায় বৃহদায়তনে প্রস্তুত করা হয়।

(iv) **রাসায়নিক বিশ্লেষণ** (Chemical analysis): বিভিন্ন ধাতুর ওজন এবং তুল্যাংকভার নির্ণয়ে তড়িদ্‌-বিশ্লেষণ পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়।

বিভঞ্জন ও বিয়োজন তথা ডিকম্পোজিশন ও ডিসোসিয়েশন

(Decomposition and Dissociation)

বিভঞ্জন বা ডিকম্পোজিশন (Decomposition): **উত্তাপের ফলে যে বিক্রিয়ায় মূল যৌগ ভাঙ্গিয়া একাধিক সরল অণু গঠিত হয়, যে-বিক্রিয়া প্রতিমুখী** (reversible) **নয় অর্থাৎ, যাহা একমুখী** (one sided) **গতিতে সম্পূর্ণতা লাভ করে, যে-বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থগুলিকে মিশ্রিত করিয়া মূল যৌগ পুনর্গঠিত করা যায় না এবং উৎপন্ন পদার্থের উপস্থিতি বা অপসারণে যে-বিক্রিয়া ত্বরান্বিত বা মন্দীভূত হয় না—সেরূপ বিক্রিয়াকে বলা হয় বিভঞ্জন বা ডিকম্পোজিশন।**

পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তাপের ফলে ভাঙ্গিয়া স্থায়ীভাবে পটাসিয়াম ক্লোরাইড ও অক্সিজেন অণু গঠন করে। ইহা একমুখী বিক্রিয়া এবং পটাসিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতি বা অপসারণে বিক্রিয়ার গতি ক্ষুণ্ণ হয় না।

$2KClO_3$	=	$2KCl$	+	$3O_2$
পটাসিয়াম ক্লোরেট		পটাসিয়াম ক্লোরাইড		অক্সিজেন
NH_4NO_3	=	N_2O	+	$2H_2O$
অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট		নাইট্রাস অক্সাইড		জল

বিয়োজন বা ডিসোসিয়েশন (Dissociation)

বিয়োজন বা ডিসোসিয়েশন বিক্রিয়া দুই প্রকার। উত্তাপের ফলে যে বিয়োজন ঘটে তাকে বলা হয় **তাপজনিত বিয়োজন** বা **থার্মেল**

ডিসোসিয়েশন এবং দ্রবণে বা গলিত অবস্থায় যে বিয়োজন ঘটে তাকে বলা হয় **আয়নীয় বা ইলেট্রোলাইটিক বিয়োজন।**

তাপজনিত বিয়োজন (Thermal Dissociation): উত্তাপের ফলে যে-বিক্রিয়ায় কোন পদার্থ বিশ্লিষ্ট হইয়া একাধিক নূতন পদার্থে পরিণত হয় সেইরূপ প্রতিমুখী বিক্রিয়াকে বলা হয় তাপজনিত বিয়োজন। এরূপ বিক্রিয়ায় উৎপাদক ও উৎপন্ন পদার্থ প্রতিমুখী পদ্ধতিতে পরস্পরের মধ্যে সমতা (equilibrium) রক্ষা করে এবং উৎপন্ন পদার্থগুলি মিশ্রিত ও শীতল করিয়া পুনরায় মূল যৌগ গঠন করা যায়। যথা :

অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড একটি কঠিন পদার্থ। কোন পাত্রে উত্তপ্ত হইতে থাকিলে উহা ভাঙিয়া গিয়া অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসে পরিণত হয়। কিন্তু শীতল হওয়া মাত্রেই ঐ গ্যাস দুইটি পুনরায় মিলিত হইয়া কঠিন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সাদা ধূম (white fumes) উৎপন্ন করে। যথা :

$$NH_4Cl \underset{\text{শৈত্য}}{\overset{\text{তাপ}}{\rightleftharpoons}} NH_3 + HCl$$

ঐরূপ :

$$PCl_5 \underset{\text{শৈত্য}}{\overset{\text{তাপ}}{\rightleftharpoons}} PCl_3 + Cl_2 \qquad CaCO_3 \underset{\text{শৈত্য}}{\overset{\text{তাপ}}{\rightleftharpoons}} CaO + CO_2 \qquad I_2 \underset{\text{শৈত্য}}{\overset{\text{তাপ}}{\rightleftharpoons}} I + I$$

আয়নীয় বা ইলেক্‌ট্রোলাইটিক বিয়োজন (Ionic or Electrolytic Dissociation): দ্রবীভূত বা গলিত অবস্থায় তড়িৎ-বিশ্লেষ্য বা ইলেক্‌ট্রোলাইট যেরূপ প্রণালীতে ভাঙ্গিয়া একাধিক আয়নে পরিণত হয় এবং প্রতিমুখী পদ্ধতিতে মূল যৌগ এবং উৎপন্ন আয়নের মধ্যে সমতা রক্ষা করে তাহাকে বলা হয় আয়নীয় বিয়োজন। যথা :

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^- , \quad NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$

$$(NH_4)_2SO_4 \rightleftharpoons 2NH_4^+ + SO_4^{=} , \quad Al(NO_3)_3 \rightleftharpoons Al^{+++} + 3NO_3^-$$

তাপজনিত বিয়োজন (Thermal dissociation)	আয়নীয় বিয়োজন (Ionic dissociation)
1. তাপজনিত বিয়োজনের জন্য উত্তাপ প্রয়োজন কিন্তু এরূপ বিক্রিয়ার জন্য মূল পদার্থকে দ্রবীভূত বা গলিত করার প্রয়োজন নাই।	1. দ্রবীভূত বা গলিত অবস্থায় তড়িদ্‌বিশ্লেষ্য বা ইলেক্‌ট্রোলাইটের বিয়োজন সম্ভব।
2. তাপজনিত বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন পরমাণু বা সরল অণুতে কোন বাহ্যিক তড়িদ্‌ধর্ম প্রকাশ পায় না অর্থাৎ ইহারা প্রশম পদার্থ।	2 আয়নীয় বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন মৌল বা মূলক তড়িৎ-কণা বা চার্জ বহন করিয়া আয়নরূপে গঠিত থাকে।
3. তাপজনিত বিয়োজনে উৎপন্ন বিভিন্ন অণু দ্রবণ বা বিচ্ছুরণ (diffusion) তথা ভৌত পদ্ধতিতে (physical means) পৃথক করা যায়।	3. আয়নীয় বিয়োজনে উৎপন্ন বিভিন্ন আয়ন কণাকে পরস্পর হইতে পৃথক্ করা যায় না।
4. তাপজনিত বিয়োজনে বিক্রিয়া প্রতিমুখী বলিয়া উৎপাদক ও উৎপন্নের মধ্যে সমতা (equilibrium) বর্তমান থাকে।	4. আয়নীয় বিয়োজন বিক্রিয়ায় উৎপাদক যৌগ ও উৎপন্ন আয়নের মধ্যে সমতা বর্তমান থাকে।
5. তাপজনিত বিয়োজন বিক্রিয়ায় উৎপন্ন বিভিন্ন পদার্থের কোন একটিকে উৎপাদনের সঙ্গে সঙ্গে অপসারিত করিয়া বিক্রিয়া সম্পূর্ণ করা যায়।	5. তড়িদ্‌বিশ্লেষণ ক্রিয়ায় উৎপন্ন আয়ন মৌলরূপে নির্গত বা সঞ্চিত হইলে অবশিষ্ট তড়িদ্‌বিশ্লেষ্য পদার্থ বিয়োজিত হইয়া নূতন আয়ন গঠন করিয়া সমতা পুনঃস্থাপিত করে।

Questions to be discussed

1. Define electrolysis, electrolyte, anion, anode, cation and cathode. Draw a neat sketch of a voltameter with copper sulphate and explain the above terms. What is the difference between Ion and Atom and gram Ion and gram Atom ? Why some electrolytes are called strong electrolytes and other weak ? Give examples.

2. After carrying on electrolysis for some time if the positive and negative electrodes of a voltameter are connected in reverse order with the positive and negative ends of a battery, what would be the changes ? Explain such changes involved in the electrolysis of $CuSO_4$ solution.

[ইঙ্গিত : পজেটিভ তড়িদ্দ্বারের সঙ্গে কোন-তড়িদ্দ্বার যুক্ত হইলে তাহা হইবে পজেটিভ তড়িদ্দ্বার ; তাই সমস্ত যন্ত্রের পরিচয় এবং বিশ্লেষণ ক্রিয়া উল্টাইয়া যাইবে। অর্থাৎ, পজেটিভ তড়িদ্দ্বার হইবে নেগেটিভ তড়িদ্দ্বার এবং তড়িদ্বিশ্লেষণও হইবে সেইভাবে। সুতরাং আয়নের গতিও পরিবর্তিত হইবে।]

3. Define Ampere, Coulomb and Faraday and explain how they are related to each other. How much hydrogen is produced by the passage of 1 Coulomb and 1 Faraday of electricity respectively ?

4. Define Faraday's first law of electrolysis. How can the electro-chemical equivalent be calculated from the first law ?

How much copper will be deposited by passing ·5 amperes of electricity for one hour.

[ইঙ্গিত : $Q = i \times t = 5 \times 60 \times 60 = 1800$ কুলম্ব

1 ফ্যারাডে বা 96,500 কুলম্ব এক তুল্যাংক পরিমাণ পদার্থ উৎপন্ন করে :

সুতরাং 96,500 কুলম্ব Cu উৎপন্ন করে 31·8 গ্রাম

$$\therefore \quad 1800 \;,, \;,, \;,, \;,, \quad \frac{31\cdot 8}{96,500} \times 1800 = \cdot 593 \text{ গ্রাম Cu}$$

5 Define Faraday's laws of electrolysis How many units of Faraday or Coulomb would be required to liberate 1000 grams of copper during the electrolysis of copper sulplate solution ? [Equivalent weight of Cu=31·8]

[ইঙ্গিত : 1 ফ্যারাডে 31·8 গ্রাম Cu উৎপন্ন করে। 1000 গ্রাম উৎপন্ন করিবে কত ফ্যারাডে ? (1 ফ্যারাডে = 96,500 কুলম্ব)]

6. Explain the process of electrolysis of a solution of NaOH. How ammonium chloride and aluminium sulphate dissociate ? Calculate the charges on these ions in terms of coulombs. How many amperes of current would be required to produce 10 grams of Na in an hour from a solution of NaCl ?

[ইঙ্গিত : $W = z \times c \times t = z \times 60 \times 60$

$Z =$ Na-এর তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক

$=$ Na-এর রাসায়নিক তুল্যাংক $\times$ হাইড্রোজেনের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক

$= 23 \times {\cdot}0000104$ গ্রাম

$10 = 23 \times {\cdot}0000104 \times 60 \times 60 \times c \quad \therefore \quad c =$ কত ?]

7. Define electro-chemical equivalent. Explain the connection between electro-chemical equivalent and chemical equivalent. Can you determine chemical equivalent of an element from this relation ? By passing 6 amperes of current for 10 minutes 4 gm. of Ag is produced. What is the electro-chemical equivalent of Ag ?

(ইঙ্গিত : $W = Zct$ বা $Z = W/ct = \frac{4}{6 \times 10 \times 60} = {\cdot}001118$ গ্রাম)

8. Define Faraday's 2nd law of electrolysis How would you deduce the formula of electro-chemical equivalent by the application of the 2nd law ?

Find the electro-chemical equivalent of silver and oxygen (At wt. of Ag = 108 , O = 16)

Electro-chemical equivalent of H = ·0000104 gm

[ইঙ্গিত : Ag-র তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক $= E_{Ag} \times {\cdot}0000104 = {\cdot}0011282$ gm.

O ,, ,, ,, $= E_O \times {\cdot}0000104 = 0000832$ gm.

9. Chemical equivalent of Zn, Al and Fe are 32·5, 9 and 28 respectively. What would be their electro-chemical equivalents ?

[Zn = ·000338 , Al = ·0000936 , Fe = ·000291]

10. What would be the process of electrolysis and what amount of metals would be liberated from the following solutions by passing one Faraday of electricity ?

(i) $CuSO_4$ solution with copper electrodes ;

(ii) $CuSO_4$ solution with platinum electrodes ,

(iii) NaCl solution with platinum electrodes .

(iv) Fused NaCl with platinum electrodes ,

(v) Very dilute NaCl solution with platinum electrodes.

(vi) When are equivalent amount of ions deposited as a result of electrolysis ?

[ইঙ্গিত : (i) ক্যাথোডের গায়ে 31·8 গ্রাম Cu জমা হইবে এবং অ্যানোড হইতে 31·8 গ্রাম কপাব $CuSO_4$ দ্রবণে দ্রবীভূত হইবে, সুতরাং ক্যাথোডেব ওজন 31·8 গ্রাম বাড়িবে এবং অ্যানোডের ওজন 31 8 গ্রাম ক্ষয় হইবে, (ii) 31 8 গ্রাম Cu জমা হইবে ক্যাথোডে এবং 8 গ্রাম O_2 উৎপন্ন হইবে অ্যানোডে, (iii) $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$, $2Na + 2HOH \rightarrow 2NaOH + H_2$;

∴ 40 গ্রাম NaOH এবং 1 গ্রাম H_2 উৎপন্ন হইবে।

(iv) 23 গ্রাম Na ও 35 5 গ্রাম Cl_2 উৎপন্ন হইবে। (v) 1 গ্রাম হাইড্রোজেন (ক্যাথোড) 38 গ্রাম অক্সিজেন (অ্যানোড)।

11. How many grams of Cu, Na, H_2, O_2, Ag and Cl would be produced by passing one Faraday of electricity through $CuSO_4$, NaOH, H_2O, molten NaCl, and molten AgCl respectively.

[*Ans.* প্রতি মৌলের তুল্যাংক]

12. How would you purify Cu and Ag by electrolysis ? How many Faraday of electricity would be required to purify 1000 gms of impure Cu and 1000 gms of impure Ag ?

[ইঙ্গিত : দ্রবণ $CuSO_4$, তড়িদ্দ্বার দুইটি Cu দ্বারা তৈবী, অপবিশুদ্ধ Cu অ্যানোড, ক্যাথোড বিশুদ্ধ Cu-পাত, অপরিশুদ্ধ Cu অ্যানোড হইতে Cu ক্ষয় হইয়া $CuSO_4$ দ্রবণে মিশিবে এবং $CuSO_4$ দ্রবণ হইতে বিশুদ্ধ Cu ক্যাথোডের গায়ে সঞ্চিত হইবে। Ag বিশোধনের জন্য প্রয়োজন $AgNO_3$ দ্রবণ, অ্যানোড অপবিশুদ্ধ Ag, ক্যাথোড বিশুদ্ধ Ag.

31·8 গ্রাম Cu উৎপন্ন করে 1 ফ্যারাডে, ∴ 1000 গ্রাম Cu উৎপন্ন করে 1000/31·8 ফ্যারাডে ; $E_{Ag} = 108$]

13. How a copper vessel is electroplated by silver and an iron vessel by copper ? In describing the process draw a neat sketch of a voltmeter. Ions of three elements carry 96,500, 193,000 and 289,500 coulombs of electricity respectively. What are the valencies of these elements ?

[ইঙ্গিত : (i) রূপার দণ্ড অ্যানোড : দ্রবণ $AgNO_3$: ক্যাথোড তামার পাত্র, (ii) তামার দণ্ড অ্যানোড : দ্রবণ $CuSO_4$: ক্যাথোড লোহার পাত্র।]

14. Define and explain Arrhenious theory of ionic dissociation. What are weak and strong electrolytes ?

15. How much copper would be liberated by the passage of 2 amperes current for 16 min. 5 sec. through a solution of copper sulphate ?

96,500 কুলম্ব 31·8 গ্রাম কপার উৎপন্ন করে।

[ইঙ্গিত : $W = Z.ct = Z \times 2 \times (16 \times 60 + 5)$

কিন্তু $Z_{Cu} = E_{Cu} \times {\cdot}0000104 = 31{\cdot}8 \times {\cdot}0000104$ গ্রাম

সুতরাং $W = 31{\cdot}8 \times {\cdot}0000104 \times 2 \times (16 \times 60 + 5)$

16. In two different cells containing copper sulphate and silver nitrate solutions respectively equal amount of current is passed for an equal interval of time to produce ·106 gm of copper and ·3597 gm of silver respectively (i) Calculate chemical equivalent of silver. Eq. wt of copper is 31·8 (ii) What amount of silver would be obtained by passing 2 amp. current in silver nitrate sol. for 20 mins ?

[ইঙ্গিত : (i) $\dfrac{\text{সিলভারের তুলাংক}}{\text{কপারের তুলাংক}} = \dfrac{\text{উৎপন্ন সিলভারের ওজন}}{\text{উৎপন্ন কপারের ওজন}}$

$\therefore$ Ag-এর তুলাংক $= 31{\cdot}8 \times \dfrac{{\cdot}3597}{{\cdot}106} = 107{\cdot}9$

(ii) $W = Z\,c\,t. = Z \times 2 \times 20 \times 60$

$Z_{Ag} = E_{Ag} \times {\cdot}0000104 = \dfrac{107{\cdot}9}{1} \times {\cdot}0000104$

$\therefore$ $W = 107{\cdot}9 \times {\cdot}0000104 \times 2 \times 20 \times 60 = 1{\cdot}404$ গ্রাম]

17 What are the elements liberated by passing same amount of current through acidulated water, copper sulphate and silver nitrate solution ? What would be the amount of such elements liberated ? [10 c c. of hydrogen is liberated at N.T.P. , At wt of Cu=63·6]

[ইঙ্গিত : N. T. P.তে 10 c c. $H_2 = 10 \times {\cdot}00009 = {\cdot}0009$ গ্রাম

$\dfrac{\text{O-এর ওজন}}{\text{H-এর ওজন}} = \dfrac{E_O}{E_H}$ $\therefore$ O-এর ওজন $= \dfrac{8 \times {\cdot}0009}{1} = {\cdot}0072$ গ্রাম

$\dfrac{\text{Cu-এর ওজন}}{\text{O-এর ওজন}} = \dfrac{E_{Cu}}{E_O}$ $\therefore$ C-এর ওজন $= \dfrac{31{\cdot}8}{8} \times {\cdot}0072$ গ্রাম

18. In a cell fitted with platinum electrodes 0·5 amp. current is passed for 23 min. through copper sulphate solution. At. wt. of Cu is 63·6.

(i) What amount of copper would be liberated ?

(ii) How much oxygen in c c. would be produced at 27°C and 700 m.m. pressure ?

ইঙ্গিত : (i) $W = Zct$, $Z = E \times {\cdot}0000104$

সুতরাং $Z = \frac{63{\cdot}6}{2} \times {\cdot}0000104$ গ্রাম $\left[\because E = \frac{\text{At. wt}}{\text{Valency}} \right]$

$W = \frac{63{\cdot}6}{2} \times {\cdot}0000104 \times 0{\cdot}5 \times 20 \times 60$ গ্রাম

$= {\cdot}1977$ গ্রাম

$\frac{\text{O এর ওজন}}{\text{Cu-এর ওজন}} = \frac{E_O}{E_{Cu}}$ $\therefore$ O এর ওজন $= {\cdot}1977 \times \frac{8}{31{\cdot}8}$ গ্রাম

$= {\cdot}0427$ গ্রাম

N. T. P তে এক গ্রাম-অণু অক্সিজেনের আয়তন $= 22{\cdot}4$ লিটার

সুতরাং 32 গ্রাম অক্সিজেনের আয়তন $= 22{\cdot}4$ লিটার

$\therefore$ ·0427 গ্রাম অক্সিজেনের আয়তন $= \frac{22{\cdot}4}{32} \times {\cdot}0427$ c c

$= 34{\cdot}79$ c c.

সুতরাং 27°C তাপে ও 700 m m. চাপে 34·79 c c. আয়তন অক্সিজেন যদি V c c হয়, তবে :

$$V = \frac{34{\cdot}79 \times 760 \times 300}{700 \times 273} \text{ c c}$$

19. What current will deposit ·0118 gm of silver per minute ?

[*Ans* $\frac{1}{6}$ ampere]

20. A solution of a salt of a metal of atomic weight 112 was electrolysed for 15 minutes with a current of 1·5 amperes. The weight of the metal deposited was ·783 gms. Find the valency of the metal. [*Ans.* 2]

21. Calculate the volume of the electrolytic gas (at N. T. P.) and weight of copper deposited when a current of 0·1 ampere is passed for 45 minutes through a voltameter containing acidulated water and one containing copper sulphate solution with copper electrodes. [*Ans.* 47·22 c c., ·0891 gm.]

22. In the light of the Ionic theory :

(*a*) Define the terms *acid* and *acid salt* :

(*b*) Show what happens when a strong acid is neutralised with strong base.

(*c*) Explain the process of electrolysis of dilute sulphuric acid. [*H S Exam 1962*]

23 State and illustrate Faraday's laws of electrolysis. Deduce from these laws (*a*) the definition of electro-chemical equivalent and (*b*) the relationship between electro-chemical and chemical equivalent. [*H. S Exam.* (*Comp.*) *1962*]

24. Define the terms, electrolysis and ions , illustrate How do the ions of an element differ from its atoms ?

A current of 2 amperes was passed through a N/10 solution of copper sulphate for 16 minutes and 5 seconds Calculate the amount of copper deposited on the cathode. 96500 coulombs liberate 31·8 gm of copper

What will be the effects when the same current is passed (i) through a N/5 solution of copper sulphate for the same time and (ii) through a N/10 solution of the same substance for 32 minutes and 10 seconds ? [*H S Exam. 1963*]

25 (*a*) Starting from pure metallic copper how would you determine equivalent weight ? Give experimental details and method of calculation.

(*b*) 0·3975 gm of copper oxide was heated in a current of pure and dry hydrogen till completely reduced and the gaseous product was passed through a tube containing fused calcium chloride previously weighed. The gain in weight of the latter was 0·09 gm. Calculate the equivalent weight of copper. [At. wt. of Cu=63·5] (*c*) The weight of copper deposited from a solution of copper sulphate by a uniform current of 0·25 ampere flowing for one hour is 0 295 gm Find the equivalent weight of copper.

(1 Faraday = 96500 coulombs) [*H. S. Exam., 1964*]

26. How would you combine the two laws of Faraday and then define "Faraday" ? How many Faradays of electricity will be required to produce 30 gms of oxygen ?

27. State the laws of electrolysis. How would you define electro-chemical equivalent ? How would you relate with it the chemical equivalent ? How would you measure *E C E.* ? If you measure *C. E.* in similar terms, what is it called ?

28. Define decomposition and dissociation What do you understand by thermal dissociation and ionic dissociation ? Give examples. Compare these two types of dissociation.

29. A solution of sodium chloride can conduct electric current but a solution of cane sugar cannot. Give reasons for this anomaly.

State and explain Faraday's Laws of electrolysis.

What do you understand by 'electic-chemical equivalent' of an element and 'a Faraday' ? Illustrate.

[*H. S Exam. (comp) 1964*]

৪

অ্যাসিড ও বেস বা ক্ষারক

পরিচয় ঃ মধ্যযুগে অ্যালকেমিস্টরাও কয়েকটি অ্যাসিড প্রস্তুত করিতে পারিতেন সালফিউরিক, নাইট্রিক ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির পদ্ধতি তাহাদের জানা ছিল। এই অ্যাসিড কয়টি বিশেষ তেজী পদার্থ। তাই, মধ্যযুগে ইহাদের নাম দেওয়া হয় 'তেজী-তেল' [oil of vitriol]। কিন্তু অ্যাসিড পদার্থটি কি এবং কিভাবে গঠিত সে-সম্বন্ধে অ্যালকেমিস্টদের কোন ধারণা ছিল না।

সর্বপ্রথম অ্যাসিডের সংজ্ঞা রচনা করার চেষ্টা করেন বিজ্ঞানী রবার্ট বয়েল। তিনি বলেন "অ্যাসিড সেই পদার্থ যাহা অনেক পদার্থকে দ্রবীভূত করিতে পারে, সালফারের ক্ষারীয় দ্রবণ হইতে সালফার অধঃক্ষিপ্ত করিতে পারে, নীল ভেষজ রঙ লালবর্ণে রূপান্তরিত করিতে পারে এবং ক্ষারের সংস্পর্শে যাহার সমস্ত ধর্ম নষ্ট হইয়া যায়।"

সালফার, কার্বন ও ফসফরাসের অক্সাইড জলে দ্রবীভূত করা হইলে জলীয় দ্রবণে অ্যাসিডের লক্ষণ প্রকাশ পায়। ইহা লক্ষ্য করিয়া বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার সিদ্ধান্ত করেন যে, অ্যাসিড দুই রকম পদার্থ দ্বারা গঠিত এবং ইহার একটি অংশ অকসিজেন।

বিজ্ঞানী বার্থোলে প্রমাণ করেন যে হাইড্রোসিয়ানিক অ্যাসিডে অক্সিজেন নাই। বিজ্ঞানী ডেভি 1884 খ্রীষ্টাব্দে প্রমাণিত করেন যে, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডেও অকসিজেন নাই। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে, প্রতি অ্যাসিডে অক্সিজেন থাকে না। বরং ডেভি বলেন যে, অ্যাসিড মাত্রেরই অবিচ্ছেদ্য অংশ মৌলিক পদার্থ হইল **হাইড্রোজেন** এবং এই হাইড্রোজেনের উপরেই অ্যাসিডের ধর্ম নির্ভর করে। বহু বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ারের **'অক্সিজেন মতবাদ'** সমর্থন করেন। কিন্তু বার্জিলাস, গে লুসাক ও অন্যান্য বিজ্ঞানী ডেভির **'হাইড্রোজেন মতবাদ'** গ্রহণ করেন।

গে লুসাক বলেন যে, অ্যাসিড ও ক্ষারের সংজ্ঞা পরস্পরের উপরে নির্ভরশীল অর্থাৎ অ্যাসিড ক্ষারের ক্ষারত্ব প্রশমিত করে এবং ক্ষার অ্যাসিডের ধর্ম প্রশমিত করে। 1888 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী লাইবিগ অ্যাসিডের সংজ্ঞা দিয়া বলেন যে, অ্যাসিড সেই পদার্থ যাহার মধ্যে হাইড্রোজেন বর্তমান এবং এই হাইড্রোজেন ধাতুদ্বারা প্রতিস্থাপিত [replaced] করা যায়।

অ্যাসিডের এরূপ পরিচয় সম্পূর্ণভাবে সন্তোষজনক নয়। 1867 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী আরহেনিয়াস অ্যাসিডের এক নূতন সংজ্ঞা রচনা করেন। এই সংজ্ঞা **অ্যাসিডের আয়নীয় পরিচয়** (Ionic concept) বা **জলীয় আয়ন তত্ত্ব** (water-ion theory) নামে পরিচিত। আরহেনিয়াসের সংজ্ঞা দ্বারাও অ্যাসিডের বিভিন্ন ধর্ম সম্পূর্ণরূপে

বিশ্লেষণ করা যায় না। কিন্তু সাধারণভাবে অ্যাসিড ও ক্ষারের আয়নীয় সংজ্ঞা দ্বারা বিভিন্ন ক্রিয়া-প্রক্রিয়া ব্যাখ্যা করা যায়। অ্যাসিড ও ক্ষারের কয়েকটি আধুনিক সংজ্ঞা আছে। তাহা উচ্চতর রসায়ন পাঠে জানা যাইবে। অ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণের সাধারণ সংজ্ঞা দ্বিতীয় খণ্ডে দ্রষ্টব্য।

আরহেনিয়াসের সংজ্ঞা

প্রাক্-আরহেনিয়াসের সংজ্ঞা অনুযায়ী যে-যৌগে প্রতিস্থাপন-যোগ্য হাইড্রোজেন বর্তমান, যাহা স্বাদে অম্ল এবং যাহা নীল লিটমাসকে লালবর্ণে পরিণত করে তাহাই অ্যাসিড। যথা: HCl, HNO_3, H_2SO_4 ইত্যাদি। আরহেনিয়াসের তড়িদ্ বিয়োজন বা আয়নীয়বাদ অনুযায়ী:

অ্যাসিড (Acid): হাইড্রোজেন-যুক্ত যে-যৌগ জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হইয়া ক্যাটায়নরূপে হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) গঠন করে তাহাকে অ্যাসিড বলা হয়।

$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^- , \quad H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{=}$$

ক্ষারক (Base): যে-যৌগ জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হইয়া অ্যানায়নরূপে হাইড্রোকসিল আয়ন (OH^-) গঠন করে তাহাকে ক্ষারক বা বেস (base) বলা হয়। অর্থাৎ, ক্ষার দ্রবণে একমাত্র হাইড্রোকসিল আয়নই (OH^-) নেগেটিভ আয়নরূপে বর্তমান থাকে।

$$NaOH \rightarrow Na^+ + OH^- , \quad Ca(OH)_2 \rightarrow Ca^{++} + 2OH^-$$

অ্যাসিড ও ক্ষারের মাত্রার তীব্রতা (Strength of acid and base): কোন্ অ্যাসিড কত তীব্র তাহা নির্ভর করে সেই অ্যাসিডের আয়ন-রূপে বিয়োজিত হওয়ার ক্ষমতার উপরে। কোন্ অ্যাসিডে কয়টি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে তাহা দ্বারা অ্যাসিডের তীব্রতা বা মাত্রা জানা যায় না। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের (HCl) অণুতে মাত্র একটি হাইড্রোজেন (H) পরমাণু বর্তমান কিন্তু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের (HCl) জলীয় দ্রবণ ফসফরিক অ্যাসিড (H_3PO_4)-এর চেয়েও বেশিমাত্রায় আয়নরূপে বিশ্লেষিত হয়। তাই হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl) ফসফরিক অ্যাসিডের (H_3PO_4) চেয়ে তীব্রতর অ্যাসিড।

তীব্র অ্যাসিড (Strong acid) **: যে অ্যাসিড জলীয় দ্রবণে তড়িৎ বিয়োজিত হইয়া যত বেশি মাত্রায় মুক্ত হাইড্রোজেন আয়ন** (H^+) **গঠন করে সেই অ্যাসিড তত বেশি তীব্র।** HCl, H_2SO_4, HNO_3 ইত্যাদি সাধারণত তীব্র অ্যাসিড। কারণ, জলীয় দ্রবণে ইহারা প্রায় সম্পূর্ণভাবে আয়নরূপে বিয়োজিত হয়।

হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড (HCN), কার্বনিক অ্যাসিড (H_2CO_3), অ্যাসিটিক অ্যাসিড (CH_3COOH) ইত্যাদি অ্যাসিডের আয়নরূপে বিয়োজিত হওয়ার ক্ষমতা কম। তাই ইহাদের দ্রবণে স্বল্প হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) বর্তমান থাকে। সেজন্য ইহারা মৃদু অ্যাসিড। ফসফরিক অ্যাসিডে (H_3PO_4) তিনটি প্রতিস্থাপন-যোগ্য হাইড্রোজেন (H) পরমাণু আছে। কিন্তু হাইড্রোজেন আয়ন (H^+)-রূপে ইহার আয়নীয় বিশ্লেষণ ক্ষমতা কম। তাই ইহাও একটি মৃদু অ্যাসিড।

মৃদু অ্যাসিড (Weak acid) **: তড়িৎ-বিয়োজনের ফলে যে অ্যাসিড স্বল্প মাত্রায় হাইড্রোজেন আয়ন** (H^+) **গঠন করে তাহা মৃদু অ্যাসিড।**

সেইরূপে কোন্ ক্ষার কত তীব্র তাহা নির্ভর করে সেই ক্ষারের আয়নরূপে বিয়োজিত হওয়ার ক্ষমতার উপরে।

তীব্র ক্ষার (Strong base) **: যে ক্ষার জলীয় দ্রবণে তড়িৎ-বিয়োজনের ফলে যত বেশি মাত্রায় হাইড্রোকসিল আয়ন** (OH^-) **গঠন করে সেই ক্ষার তত বেশি তীব্র।** সোডিয়াম ও পটাসিয়াম হাইড্রোকসাইড (NaOH ও KOH) এরূপ তীব্র ক্ষার।

মৃদু ক্ষার (Weak base) **: তড়িৎ-বিয়োজনের ফলে যে ক্ষার স্বল্প মাত্রায় হাইড্রোকসিল আয়ন** (OH^-) **গঠন করে তাহাই মৃদু ক্ষার।**

অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড (NH_4OH) বিশেষ বিশ্লেষক্ষম নয় বলিয়া মৃদু ক্ষার। আয়রন ও অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রোকসাইড [$Fe(OH)_3$ ও $Al(OH)_3$] আরও মৃদু ক্ষারক। কারণ, হাইড্রোকসিল (OH) আয়নরূপে ইহাদের বিয়োজন ক্ষমতা খুব কম।

প্রশমন বা নিউট্রেলাইজেশন (Neutralisation)

(i) **সম তুল্যাংক পরিমাণ অ্যাসিড ও ক্ষারের পারস্পরিক বিক্রিয়ায় লবণ ও জল অণু গঠনের পদ্ধতিকে প্রশমন ক্রিয়া বলা হয়।** এরূপ বিক্রিয়ার পরে দ্রবণে অ্যাসিড বা ক্ষারের কোন লক্ষণ থাকে না। যথা : $NaOH+HCl=NaCl+H_2O$

(ii) **প্রশমনের আয়নীয় সংজ্ঞা (Ionic defination of neutralisation) : সমতুল্যাংক পরিমাণ অ্যাসিড ও ক্ষার মিশ্রিত করিলে অ্যাসিডের হাইড্রোজেন (H^+) এবং ক্ষারের হাইড্রকসিল আয়ন (OH^-) পারস্পরিক সংযোগে অবিয়োজিত ও প্রশম জল অণু (H_2O) গঠন করিয়া যে বিক্রিয়া ঘটায় তাহাকে প্রমশন বা নিউট্রেলাইজেশন বলা হয়।** সম-তুল্যাংকের অ্যাসিড ও ক্ষারের বিক্রিয়ার ফলে অ্যাসিডের সমস্ত হাইড্রোজেন (H^+) আয়ন ক্ষারের সমস্ত হাইড্রোকসিল (OH^-) আয়নের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া অবিয়োজিত জল অণু গঠন করে। দ্রবণে আর উদ্বৃত্ত বা অতিরিক্ত হাইড্রোজেন (H^+) আয়ন বা হাইড্রকসিল আয়ন (OH^-) থাকে না বলিয়া ইহাতে অ্যাসিড বা ক্ষারের লক্ষণ প্রকাশ পায় না। প্রশমন ক্রিয়ায় বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে :

$$H^+ + Cl^- + Na^+ + OH^- \rightleftharpoons Na^+ + Cl^- + H_2O$$

লবণ ও জলের বিশ্লেষণে যে-আয়ন তৈরী হয় তাহার সমগ্র পজেটিভ ও সমগ্র নেগেটিভ তড়িতের মাত্রা সমান। তাই, লবণ ও জল সর্বদা তড়িৎ **নিরপেক্ষ** (neutral) বা **প্রশম** পদার্থ। জলের অণু আংশিকভাবে H^+ এবং OH^- আয়নরূপে বিয়োজিত হয়। কিন্তু পজেটিভ ও নেগেটিভ আয়নের সংখ্যা সমান বলিয়া জলে অ্যাসিড বা ক্ষারের লক্ষণ প্রকাশ পায় না।

প্রশমন ক্রিয়া তথা **নিউট্রেলাইজেশন** পদ্ধতিতে অ্যাসিডের হাইড্রোজেন আয়নের (H^+) সঙ্গে ক্ষারের হাইড্রোকসিল (OH^-) আয়নের সংযোগে **অবিশ্লিষ্ট** জলীয় অণু এইরূপ ভাবে গঠিত হয়। যথা : $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$

$$\begin{array}{lccccc}
\text{প্রশমন :} & \text{অ্যাসিড}+\text{ক্ষার} & \rightleftharpoons & \text{লবণ} & + & \text{জল} \\
 & NaOH & \rightleftharpoons & Na^+ & + & OH^- \\
 & + & & + & & + \\
 & HCl & \rightleftharpoons & Cl^- & + & H^+ \\
 & & & \upharpoonleft\!\downharpoonright & & \upharpoonleft\!\downharpoonright \\
 & & & NaCl & & H_2O
\end{array}$$

NaOH অর্থাৎ ক্ষার Na^+ ও OH^--রূপে এবং HCl অর্থাৎ অ্যাসিড H^+ ও Cl^- আয়নরূপে বিয়োজিত হয়। Na^+ ও Cl^- আয়ন পুনরায় সংযুক্ত হইয়া NaCl অর্থাৎ লবণ এবং H^+ ও OH^- আয়ন সংযুক্ত হইয়া H_2O জল গঠন করে। প্রশমন ক্রিয়া সম্পূর্ণ হইলে জলে কোন উদবৃত্ত H^+ বা OH^- আয়ন থাকে না বলিয়া অ্যাসিড বা ক্ষারের লক্ষণ প্রকাশ পায় না। **প্রশমিত** দ্রবণে থাকে শুধু জল এবং লবণ।

অ্যাসিডের ক্ষার-গ্রাহিতা (Basicity of Acid) : **অ্যাসিডের কোন ক্ষারকে প্রশমনের ক্ষমতা দ্বারা সেই অ্যাসিডের ক্ষার-গ্রাহিতা বা বেসিসিটি নির্দিষ্ট ও নির্ধারিত হয়।** কোন অ্যাসিড অণুতে যে-কয়টি প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন পরমাণু বর্তমান তাহা সে-কয়টি হাইড্রোজেন আয়ন গঠনে সক্ষম বলিয়া অ্যাসিডের ক্ষার-গ্রাহিতা বা বেসিসিটি নির্ণয় করা হয় অ্যাসিডের প্রতিস্থাপন-যোগ্য হাইড্রোজেন পরমাণু সংখ্যা দ্বারা। যথা :

মনোবেসিক অ্যাসিড (Monobasic)	**ডাইবেসিক অ্যাসিড** (Di-basic)	**ট্রাইবেসিক অ্যাসিড** (Tri-basic)
HCl	H_2S	H_3PO_4
HBr	(হাইড্রোসালফিউরিক)	(ফসফরিক)
HI	H_2CO_3	H_3BO_3
HCN	(কার্বনিক)	(বোরিক)
(হাইড্রোসায়ানিক)	H_2SO_3	H_3AsO_3
HNO_3	H_2SO_4	(আরসিনিয়াস)
HNO_2	H_2SiO_3	H_3AsO_4
(নাইট্রাস)	(সিলিসিক)	(আরসেনিক)

ক্ষারের অ্যাসিড-গ্রাহিতা (Acidity of a Base) : **ক্ষারকের বা বেসের অ্যাসিডকে কোন প্রশমন করার ক্ষমতা দ্বারা ক্ষারের অ্যাসিড-গ্রাহিতা ও অ্যাসিডিটি নির্দিষ্ট ও নির্ধারিত হয়।** ইহা নির্ণয় করা হয় একটি ক্ষার অণু কোন্ অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনযোগ্য কয়টি হাইড্রোজেন পরমাণু বা আয়নের (H^+) সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইতে পারে সেই সংখ্যা দ্বারা। সাধারণভাবে বলা যায়, ক্ষারক অণুর যে কয়টি হাইড্রোকসিল (OH^-) আয়ন অ্যাসিড

প্রশমনের জন্য ব্যবহৃত হয় সেই সংখ্যা দ্বারাই ক্ষারের অ্যাসিড-গ্রাহিতা নির্দিষ্ট হয়। যথা:

মনো অ্যাসিডিক ক্ষারক বা বেস (Mono-acidic)	**ডাই অ্যাসিডিক ক্ষারক বা বেস** (Di-acidic)	**ট্রাই অ্যাসিডিক ক্ষারক বা বেস** (Tri-acidic)
NaOH	$Ca(OH)_2$	$Fe(OH)_3$
KOH	$Mg(OH)_2$	$Al(OH)_3$

লবণের গঠন ও শ্রেণীভাগ

(Formation & Classification of Salts)

লবণ (Salt): অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন পরমাণু বা আয়ন সম্পূর্ণভাবে অথবা অংশত কোন ধাতুর পরমাণু বা ক্ষারকীয় মূলক বা আয়ন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে যে-যৌগিক পদার্থটি গঠিত হয় তাহাই লবণ। যথা:

$$Na^+ + OH^- + H^+ + Cl^- \rightleftharpoons NaCl + H_2O$$

$$Mg^{++} + 2OH^- + 2H^+ + SO_4^{=} \rightleftharpoons MgSO_4 + 2H_2O$$

$$NH_4^+ + OH^- + H^+ + Cl^- \rightleftharpoons NH_4Cl + H_2O$$

লবণের দুইটি অংশ। একাংশে **ধাতব** (metallic) বা **ক্ষারক-মূলক** (basic radical) এবং অপর অংশটিকে **অ-ধাতব** (non-metallic) বা **অ্যাসিড-মূলক** (acid radical) বলা হয়।

বিভিন্ন লবণ (Salt)	**ধাতব বা ক্ষারক মূলক** (Metallic or Basic Radical)	**অ-ধাতব বা অ্যাসিড মূলক** (Non-metallic or Acid Radical)
NaCl	Na	Cl
$MgSO_4$	Mg	SO_4
KNO_3	K	NO_3

আয়নরূপে লবণের দুইটি অংশ তথা ক্যাটায়ন বা পজেটিভ আয়ন এবং অ্যানায়ন বা নেগেটিভ আয়ন। লবণ জলীয় দ্রবণে আয়নরূপে বিশ্লেষিত হয় এইভাবে:

লবণ → ক্যাটায়ন + অ্যানায়ন

$$CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{++} + SO_4^{=}$$

$$NaNO_3 \rightleftharpoons Na^+ + NO_3^-$$

$$CaCl_2 \rightleftharpoons Ca^{++} + 2Cl^-$$

প্রশম লবণ (Normal or neutral salt) **: কোন্ অ্যাসিডের প্রতিস্থাপন-যোগ্য সব কয়টি হাইড্রোজেন (H) পরমাণু কোন ধাতু বা ধাতুধর্মী মূলক দ্বারা সম্পূর্ণভাবে প্রতিস্থাপিত হইলে যে যৌগ গঠিত হয় তাহাকে বলা হয় প্রশম লবণ।** প্রশম লবণে প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন (H) অথবা ক্ষারকীয় অক্সিজেন (O) বা হাইড্রোক্সিল মূলক (OH) থাকে না। তাই সাধারণত ইহাদের জলীয়-দ্রবণ নিবপেক্ষ (neutral) বা প্রশম অর্থাৎ দ্রবণে অ্যাসিড বা ক্ষাবের লক্ষণ প্রকাশ পায় না।

প্রশম $2NaOH+H_2SO_4=Na_2SO_4+2H_2O$

লবণ $2NaOH+H_2CO_3=Na_2CO_3+2H_2O$

গঠন $NH_4OH+HCl=NH_4Cl+H_2O$

Na_2SO_4, $CaCl_2$, NH_4Cl, $Ca_3(PO_4)_2$ ইত্যাদি যৌগগুলি প্রশম লবণেব কয়েকটি উদাহবণ।

যে অ্যাসিডে একটি মাত্র প্রতিস্থাপন-যোগ্য হাইড্রোজেন (H^+) পরমাণু বা আয়ন বর্তমান অর্থাৎ মনোবেসিক অ্যাসিড তাহা সর্বদা প্রশম (normal) লবণ গঠন করবে। যথা :

$$HCl+NaOH=NaCl+H_2O$$

$$HNO_3+NH_4OH=NH_4NO_3+H_2O$$

বাই-লবণ (Bisalt) বা **অ্যাসিড-লবণ** (Acid salt) **: যে-অ্যাসিডে প্রতিস্থাপনযোগ্য একাধিক হাইড্রোজেন (H) পরমাণু বর্তমান তাহার হাইড্রোজেন (H) পরমাণু আংশিকভাবে ধাতু বা ধাতু-ধর্মী মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া লবণ গঠন করার পরেও এরূপ যে লবণে প্রতিস্থাপন-যোগ্য হাইড্রোজেন পরমাণু অবশিষ্ট থাকে তাহাকে অ্যাসিড বা বাই-লবণ বলা হয়।**

পলিবেসিক অ্যাসিডেব হাইড্রোজেন ক্ষারকীয় বা ধাতবমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত কবিয়া বাই বা অ্যাসিড লবণ তৈবী করা যায়। যথা :

$NaOH+H_2SO_4=NaHSO_4$ (Na-বাই সালফেট)$+H_2O$

$KOH+H_2CO_3=KHCO_3$ (K-বাই কাবনেট)$+H_2O$

$NaOH+H_3PO_4=NaH_2PO_4+H_2O$

(Na-ডাই হাইড্রোজেন ফসফেট)

$2NaOH+H_3PO_4=Na_2HPO_4+2H_2O$

(ডাই-সোডিযাম হাইড্রোজেন ফসফেট)

ক্ষারকীয় লবণ (Basic salt) : ক্ষারকীয় লবণ বলা হয় সেই সব লবণকে অ্যাসিড ও পলি অ্যাসিডিক ক্ষারকের প্রশমন ক্রিয়ায় গঠিত হওয়ার পরেও যাহার মধ্যে উদ্বৃত্ত অক্সিজেন বা হাইড্রোকসিল মূলক থাকে এবং যাহাকে অতিরিক্ত অ্যাসিড মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া প্রশম লবণে পরিণত করা যায়। যখন উচ্চতর অর্থাৎ ডাই বা পলি-অ্যাসিডিক ক্ষাবক আংশিকভাবে অ্যাসিড দ্বারা প্রশমিত হয় তখন তৈরী হয় ক্ষারকীয় লবণ। যথা :

$$Pb(OH)_2 \quad + \quad HCl \quad = Pb(OH)Cl + H_2O$$

$$\underset{\text{(বিসমাথ ক্লোবাইড)}}{BiCl_3} \quad + \quad H_2O \quad = \underset{\text{(বিসমাথ অক্সিক্লোবাইড)}}{BiOCl} \quad + 2HCl$$

$2PbCO_3, Pb(OH)_2$—শ্বেত সীসা লেডেব একটি ক্ষাবকীয় কার্বনেট ; $CuSO_4, Cu(OH)_2$—কপাবেব একটি ক্ষাবকীয় সালফেট।

লবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণ

(Hydrolysis of Salt)

সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) একটি প্রশম লবণ। সুতরাং ইহাব জলীয় দ্রবণে উদ্বৃত্ত হাইড্রোজেন (H^+) আয়ন বা হাইড্রোকসিল (OH^-) আয়ন থাকা উচিত নয়। সাবাবণত কোন লবণ দ্রবণে অ্যাসিড বা ক্ষারেব ধর্ম দেখা যায না। কিন্তু সোডিয়াম কার্বনেটেব জলীয় দ্রবণেব সংস্পর্শে লাল লিটমাস নীল হইয়া যায়। কাবণ, জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) বিশ্লেষিত হইয়া কস্টিক সোডা ও কার্বনিক অ্যাসিডে ($NaOH$ ও H_2CO_3) পরিণত হয়। কার্বনিক অ্যাসিড (H_2CO_3) মৃদু অ্যাসিড কিন্তু কস্টিক সোডা ($NaOH$) তীব্র ক্ষার। তাই, সোডিয়াম কার্বনেটেব জলীয় দ্রবণে ক্ষারের লক্ষণ প্রকাশ পায়। আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে এইভাবে :

$$\underset{\text{লবণ}}{NaCO_3} + \underset{\text{জল}}{2HOH} \rightleftharpoons \underset{\text{তীব্রক্ষাব}}{2NaOH} + \underset{\text{মৃদু অ্যাসিড}}{H_2CO_3}$$

অ্যাসিড ও বেস বা ক্ষারকের বিক্রিয়ায় লবণ ও জল গঠিত হয়। অ্যাসিড ও বেস বা ক্ষারক চার রকমে লবণ গঠন করিতে পারে। যথা :

1. তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র বেস বা ক্ষাবক
2. মৃদু অ্যাসিড ও মৃদু বেস বা ক্ষাবক
3. তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু বেস বা ক্ষারক
4. মৃদু অ্যাসিড ও তীব্র বেস বা ক্ষাবক

আর্দ্র-বিশ্লেষণ (Hydrolysis) : তীব্র ক্ষারক (strong base) ও মৃদু অ্যাসিড (weak acid) এবং মৃদু ক্ষারক (weak base) ও তীব্র অ্যাসিডের (strong acid) পারস্পরিক প্রশমন বিক্রিয়ায় যে-লবণ গঠিত হয় সেই লবণ জলীয় দ্রবণে বিশ্লেষিত বা বিয়োজিত (dissociated) হইয়া যায় এবং সেই বিশ্লিষ্ট দ্রবণে যথাক্রমে ক্ষার (base) এবং অ্যাসিডের লক্ষণ প্রকাশ পায়। জলীয় দ্রবণে লবণের এইরূপ বিশ্লেষণ পদ্ধতিকে বলা হয় আর্দ্র-বিশ্লেষণ বা হাইড্রোলিসিস (Hydrolysis)।

যে-দ্রবণে অ্যাসিডের লক্ষণ প্রকাশ পায় তাহাতে জলের হাইড্রোজেন আয়ন অপেক্ষাও অতিরিক্ত হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) বর্তমান থাকে এবং যে-দ্রবণে ক্ষারের লক্ষণ প্রকাশ পায় তাহাতে জলের হাইড্রোকসিল আয়ন অপেক্ষাও অতিরিক্ত হাইড্রোকসিল আয়ন (OH^-) বর্তমান থাকে।

1. **মৃদু ক্ষারক ও তীব্র অ্যাসিডের লবণ** (Salt of weak base and strong acid) **:** মৃদু ক্ষারক ও তীব্র অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় গঠিত লবণের জলীয় দ্রবণে আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে এবং দ্রবণে অ্যাসিডের লক্ষণ প্রকাশ পায়। HCl, H_2SO_4 ও HNO_3—এরূপ তীব্র অ্যাসিড যদি আয়রন, অ্যালুমিনিয়াম বা কপারের হাইড্রোকসাইড [$Fe(OH)_3$, $Al(OH)_3$, বা $Cu(OH)_2$] জাতীয় মৃদু ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া লবণ গঠন করে তবে জলীয় দ্রবণে সেই লবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে এবং ইহাতে **অ্যাসিডের লক্ষণ প্রকাশ পায়।** যথা :

$$\underset{\text{লবণ}}{FeCl_3} + \underset{\text{জল}}{3HOH} \rightleftharpoons \underset{\text{(মৃদু ক্ষারক)}}{Fe(OH)_3} + \underset{\text{(তীব্র অ্যাসিড)}}{3HCl\,(H^+ + Cl^-)}$$

$$\underset{\text{লবণ}}{Al_2(SO_4)_3} + \underset{\text{জল}}{6HOH} \rightleftharpoons \underset{\text{(মৃদু ক্ষারক)}}{2Al(OH)_3} + \underset{\text{(তীব্র অ্যাসিড)}}{3H_2SO_4\,(2H^+ + SO_4^{=})}$$

2. **তীব্র ক্ষারক ও মৃদু অ্যাসিডের লবণ** (Salt of strong base and weak acid) **:** তীব্র ক্ষারক ও মৃদু অ্যাসিডের লবণের জলীয় দ্রবণে আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে এবং দ্রবণে ক্ষারের লক্ষণ প্রকাশ পায়। $NaOH$, KOH ইত্যাদি তীব্র ক্ষারের সঙ্গে যদি কার্বনিক অ্যাসিড (H_2CO_3), হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড (HCN) ইত্যাদি মৃদু অ্যাসিডের লবণ গঠিত হয় তবে সেই লবণের জলীয় দ্রবণে আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে এবং ইহাতে **ক্ষারের লক্ষণ প্রকাশ পায়।** যথা :

$$NaCN + HOH \rightleftharpoons NaOH\ (Na^+ + OH^-) + HCN$$

লবণ জল (তীব্র ক্ষার) (মৃদু অ্যাসিড)

$$NaCO_3 + 2HOH \rightleftharpoons 2NaOH\ (Na^+ + OH^-) + H_2CO_3$$

লবণ জল (তীব্র ক্ষার) (মৃদু অ্যাসিড)

3. **মৃদু ক্ষারক ও মৃদু অ্যাসিডের লবণ** (Salt of weak base and weak acid) : মৃদু অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারকের লবণ জলীয় দ্রবণে বিশ্লেষিত হইয়া মৃদু ক্ষারক ও মৃদু অ্যাসিডে পরিণত হয়। যদি ক্ষারক ও অ্যাসিড দ্রবণের শক্তি সমান হয়, তাহা হইলে এই লবণের জলীয় দ্রবণ কার্যত নিরপেক্ষ বা প্রশম (neutral) থাকে। যথা :

অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেটের জলীয় দ্রবণ মোটামুটি নিরপেক্ষ বা প্রশম (neutral) থাকে। কারণ, আর্দ্র-বিশ্লেষণে প্রাপ্ত অ্যাসেটিক অ্যাসিড (CH_3COOH) এবং অ্যামোনিয়াম হাইড্রোকসাইড উভয়েই ধর্মে মৃদু। যথা : $CH_3COONH_4 + HOH \rightleftharpoons CH_3COOH + NH_4OH$

লবণ জল (মৃদু অ্যাসিড) (মৃদু ক্ষার)

অ্যাসিড বা ক্ষার একটি অপরটি হইতে অপেক্ষাকৃত তীব্রতর হইলে এই লবণগুলির জলীয় দ্রবণে যথাক্রমে অ্যাসিড বা ক্ষারের লক্ষণ প্রকাশ পায়। অ্যামোনিয়াম ফরমেটের জলীয় দ্রবণে অ্যাসিডের সামান্য লক্ষণ প্রকাশ পায়। কারণ, মৃদু ফরমিক অ্যাসিড পারস্পরিক তুলনায় মৃদু অ্যামোনিয়াম হাইড্রকসাইড হইতে তীব্রতর।

$$HCOONH_4 \quad + \quad HOH \rightleftharpoons HCOOH \quad + \quad NH_4OH$$

(অ্যামোনিয়া ফরমেট) জল (ফরমিক অ্যাসিড) (মৃদু ক্ষার)

অ্যামোনিয়াম কার্বনেট লবণ মৃদু অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারের প্রশমনে গঠিত। কিন্তু ইহার আর্দ্র-বিশ্লেষণে যে অ্যামোনিয়াম হাইড্রোকসাইড (NH_4OH) তৈরী হয় তাহা কার্বনিক অ্যাসিডের তুলনায় তীব্রতর। তাই এরূপ দ্রবণে ক্ষারের লক্ষণ প্রকাশ পায়। যথা :

$$(NH_4)_2CO_3 + 2HOH \rightleftharpoons 2NH_4OH + H_2CO_3$$

লবণ জল ক্ষার অ্যাসিড

4. **তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারকের লবণ** (Salt of strong acid and strong base) : একমাত্র তীব্র ক্ষারক ও তীব্র অ্যাসিডের লবণের জলীয় দ্রবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে না। কারণ, ইহাদের বিশ্লেষণে উদ্বৃত্ত হাইড্রোজেন (H^+) আয়ন বা হাইড্রোকসিল (OH^-) আয়ন গঠিত হয় না।

সেইজন্য এরূপ লবণের জলীয় দ্রবণে অ্যাসিড বা ক্ষারকের লক্ষণ প্রকাশ পায় না বলিয়া ইহারা **নিরপেক্ষ** বা **প্রশম লবণ**। যথা :

$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O\ ,\ NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-.$$

$$H_2SO_4 + 2Na_2OH \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O\ ,\ Na_2SO_4 \rightleftharpoons 2Na^+ + SO_4^=$$

$$HNO_3 + KOH \rightarrow KNO_3 + H_2O\ ,\ KNO_3 \rightleftharpoons K^+ + NO_3^-$$

Questions to be discussed

1 Define acid and base according to Arrhenious concept. What are strong acid and weak base ? What is basicity of an acid and acidity of a base ? Give examples.

2. What happens if you put litmus paper in a solution of sodium carbonate and ferric chloride separately ? Define and explain hydrolysis of salt.

3. What is neutralisation ? What are the different kinds of salts and bases ? Give illustrations of acid and basic salts.

4. What happens when the following salts are dissolved in water ? Give equation.

$NaCl$, Na_2CO_3, $AlCl_3$, CH_3COONH_4, $FeCl_3$, $(NH_4)_2CO_3$ and K_2S How would you examine the acidic, basic or neutral nature of these solutions ?

5. Define and illustrate neutral, acid and basic salt. What are the reasons of acidic or basic indications of solutions of certain salts to litmus ?

6. Write short notes on the following :—

(*a*) acids, bases and salts , (*b*) acid salt and basic salt , (*c*) hydrolysis. (Illustrate with suitable examples.)

[*H. S. Exam.* (*comp.*) *1960*]

7. In the light Ionic theory :

(*a*) Define the terms *acid* and *acid salt.*

(*b*) Show what happens when a strong acid is neutralised with strong base. (*c*) Explain the process of electrolysis of dilute sulphuric acid. [*H. S. Exam. 1962*]

8 Explain the terms · acids, bases and neutralization. Illustrate with simple ionic equations.

What do you mean by a basic salt ? Why does a solution of sodium carbonate give an alkaline reaction ?

[*H. S. Exam.* (*comp*) *1963*]

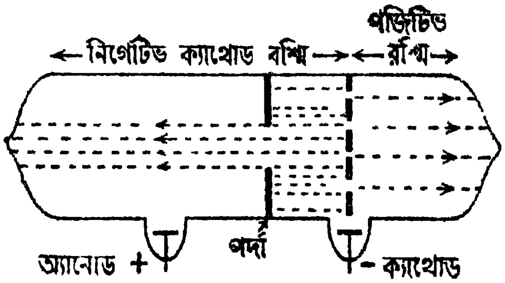
৫

পরমাণুর পরিচয় ও গঠন

পরমাণুর পরিচয় এক বিস্ময়কর বৈজ্ঞানিক কাহিনী। এই কাহিনীর সূত্রপাত হয় 1856 খ্রীষ্টাব্দে। এই বৎসর জার্মান বিজ্ঞানী **প্লুকর** (Plucker) এক ঐতিহাসিক আবিষ্কার করেন। প্লুকর জানান, বায়ুশূন্য কাচের চোঙের মধ্যে ক্যাথোড তড়িদ্দ্বার হইতে এক রকম অজ্ঞাত ও অদৃশ্য রশ্মি স্রোতের আকারে নির্গত হয়। পরীক্ষায় দেখা যায়, ইহারা আলোকরশ্মি নয়। এরূপ রশ্মি নেগেটিভ তড়িদ্ধর্ম সম্পন্ন। তাই, এই রশ্মির নাম দেওয়া হয় **ক্যাথোড রশ্মি** (Cathode rays)। বৃটিশ বিজ্ঞানী **জে. জে. থমসন** (Thomson) এক পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করেন যে, ক্যাথোড রশ্মি নেগেটিভ তড়িদ্ধর্মী অতি সূক্ষ্ম বিদ্যুৎকণার সমষ্টি। তিনি এরূপ কণার ওজন নির্ণয় করিয়া দেখেন যে, এরূপ একটি কণার ওজন একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর $\frac{1}{1836}$ ভাগ এবং ইহার চার্জ (charge) নেগেটিভ এবং চার্জের মাত্রা এক। এই কণাগুলি অতি দ্রুতগামী। ইহাদের গতি সেকেণ্ডে হাজার হাজার মাইল। এরূপ একমাত্রা নেগেটিভ চার্জবাহী তড়িৎ-কণার নাম দেওয়া হয় **ইলেকট্রন** (Electron)।

ক্যাথোড রশ্মি

প্লুকরের পরীক্ষার আরও বিশ্লেষণ করিয়া 1886 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী **গোল্ডস্টিন** (Goldstien ক্যাথোড রশ্মির চোঙে আরও একরকম রশ্মি আবিষ্কার করেন। ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারের গায়ে যদি ছিদ্র করিয়া দেওয়া যায় তবে ক্যাথোড রশ্মি-স্রোতের ঠিক বিপরীত দিকে আরেক প্রকার রশ্মি প্রবল স্রোতের আকার নির্গত হইতে আরম্ভ করে। পরীক্ষায় দেখা যায়,



ক্যাথোডের রশ্মি ও পজেটিভ রশ্মি

এরূপ রশ্মিও আলোক রশ্মি নয়। ইহারা পজেটিভ ধর্মী তড়িৎকণা। এরূপ রশ্মির নাম দেওয়া হয় **পজেটিভ রশ্মি** (Positive rays)। পরে আরও বিশদ পরীক্ষায় দেখা যায়, এরূপ একটি রশ্মিকণার চার্জ ধর্মে পজেটিভ এবং চার্জের মাত্রা এক। এরূপ পজেটিভ কণা ওজনে হাইড্রোজেন পরমাণুর সমান অর্থাৎ ইহা ইলেকট্রন কণার চেয়ে 1836 গুণ ভারী। কিন্তু এরূপ পজেটিভ কণার গতিবেগ ইলেকট্রন কণার প্রায় শতাংশের একাংশ মাত্র। পরবর্তীকালে এরূপ একমাত্রা পজেটিভ চার্জবাহী তড়িৎ-কণার নাম দেওয়া হয় **প্রোটন** (Proton)।

1896 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী **লেনার্ড** (Lenard) এক পরীক্ষা করিয়া প্রমাণ করেন যে, ইলেকট্রন বায়ুর স্তর তো বটেই, এমন কি, কাচ ও তামা এবং অ্যালুমিনিয়ামের ন্যায় অন্যান্য ধাতুর পাত অনায়াসে ভেদ করিয়া চলাচল করিতে পারে। এই সকল বাধা ইলেকট্রনের কাছে কোন বাধাই নয়। প্রায় এই বৎসরই বিজ্ঞানী থমসন আরও একটি বিস্ময়কর আবিষ্কার করেন। তিনি দেখান যে, তড়িৎ ও বস্তু অভিন্ন পদার্থ এবং উভয়েরই ওজন আছে।

ক্যাথোড রশ্মি, পজেটিভ রশ্মি এবং থমসন ও লেনার্ডের আবিষ্কার বিজ্ঞানীদের মনে এক রহস্যময় প্রশ্নের সৃষ্টি করে। এই নেগেটিভ ও পজেটিভ তড়িৎ-কণাগুলির উৎস কোথায়? ইহাদের উৎস কি পরমাণুর অভ্যন্তরে?

তেজসক্রিয়া (Radio-activity)

1896 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী রনটজেন এক্স-রে আবিষ্কার করেন। এই পরমাশ্চর্য রশ্মিটি যন্ত্রপাতি ব্যবহার না করিয়া পিচব্লেণ্ড নামের একপ্রকার প্রাকৃতিক পদার্থ হইতে আবিষ্কার করা যায় কি-না সেই গবেষণা করিতে যাইয়া ফরাসী বিজ্ঞানী **বেকারেল** (Becqueral) ফটোর প্লেটে আরেকটি অজানা ও অদ্ভুত রশ্মি আবিষ্কার করেন। পিচব্লেণ্ড হইতে যে রশ্মি নির্গত হয় সেই রশ্মির নির্গমন আলোকে বা অন্ধকারে অথবা উত্তাপে বা হিমতায়—কোন অবস্থায়ই নিয়ন্ত্রণ করা যায় না। **অনর্গল ও অবিরাম এবং সর্ব-অবস্থায় ও স্বতঃস্ফূর্তভাবে যে অদৃশ্য রশ্মি নির্গত হয় সেই সর্ব-নিয়ন্ত্রণ-উপেক্ষাকারী রশ্মি-নির্গমন-ক্রিয়াকে বলা হয় তেজস্ক্রিয়া বা রেডিও অ্যাকটিভিটি (radio-activity) এবং যে-পদার্থ হইতে এরূপ রশ্মি নির্গত হয় তাহাকে বলা হয় তেজস্ক্রিয় বা রেডিও-অ্যাকটিভ পদার্থ** (Radio active substance)। এই সংজ্ঞা বেকারেলের দেওয়া (পূর্ণ সংজ্ঞা 106 পৃঃ)।

এই পিচব্লেণ্ড হইতে পাওয়া যায় সবচেয়ে ভারী মৌলিক পদার্থ **ইয়ুরেনিয়াম** (Uranium) এবং দেখা যায়, এই ইয়ুরোনিয়াম একটি তেজস্ক্রিয় পদার্থ। ইহার পরে 1898 খ্রীষ্টাব্দে ফরাসী বিজ্ঞানী **পিয়ারে কুরি** (Pierrie Curie) এবং তাঁহার পোলিশ সহধর্মিণী **ম্যাডাম কুরি** (Madam Curie) **পিচব্লেণ্ড হইতে রেডিয়াম** (Radium) ও **পোলোনিয়াম** (Polonium) নামের আরও দুইটি তেজস্ক্রিয় মৌলিক পদার্থ আবিষ্কার করেন। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে, পিচব্লেণ্ডের তেজস্ক্রিয়ার কারণ পিচব্লেণ্ডের অবস্থিত তেজস্ক্রিয় মৌলিক পদার্থ **ইয়ুরেনিয়াম, রেডিয়াম** ও **পোলোনিয়াম**। পরে **থোরিয়াম** (Thorium) নামের আরও একটি তেজস্ক্রিয় মৌলিক পদার্থ আবিষ্কৃত হয়। রেডিয়ামের বিশ্লেষণে দেখা যায় রেডিয়ামের তেজস্ক্রিয়ার ক্ষমতা ইয়ুরেনিয়ামের প্রায় দশ লক্ষ গুণ বেশি। আরও দেখা যায় যে তেজস্ক্রিয় রশ্মি নির্গমনের ফলে উত্তাপ সৃষ্টি হয় এবং এই উত্তাপ এত বেশি যে, সমান ওজনের কয়লা জ্বালাইয়া এরূপ উত্তাপ সৃষ্ট করা সম্ভব নয়। পাঁচ গ্রাম হিমশীতল জলকে পাঁচ গ্রাম রেডিয়ামের তেজস্ক্রিয়া-সৃষ্ট উত্তাপে অনায়াসে বাষ্পে পরিণত করা যায়। কিন্তু পাঁচ গ্রাম কয়লা দ্বারা তাহা সম্ভব নয়।

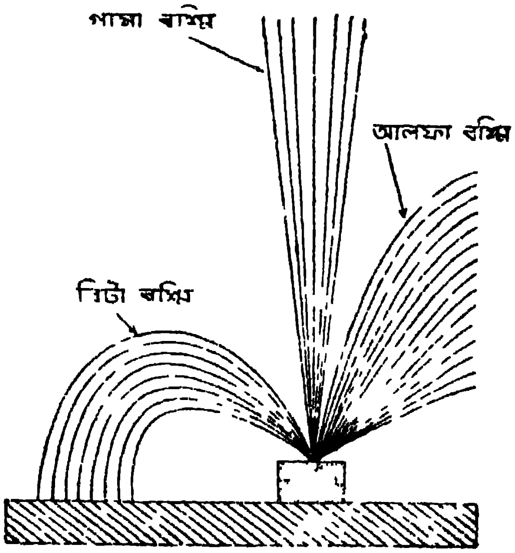
তেজস্ক্রিয় রেডিয়াম ধাতু দ্বারা ফটোর প্লেটে রেডিয়াম কথাটি ইংরাজীতে লেখা হইয়াছে

তেজস্ক্রিয় রশ্মির বিশ্লেষণ (Analysis of Radio-active Rays): বিংশ শতাব্দীর প্রারম্ভে যে-বিজ্ঞানীর অবদান তেজস্ক্রিয়া ও পরমাণু বিজ্ঞানে অবিস্মরণীয় এবং যিনি পরমাণু বিজ্ঞানের জনক বলিয়া বিজ্ঞানের ইতিহাসে পরিচিত তাঁহার নাম বিজ্ঞানী **রাদারফোর্ড** (Rutherford)। রাদারফোর্ড

বিজ্ঞানী Rutherford

প্রমাণ করেন যে, ইয়ুরেনিয়াম, রেডিয়াম ও থোরিয়াম জাতীয় প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় মৌলিক পদার্থের তেজস্ক্রিয় রশ্মির সামনে চুম্বক আনিয়া ধরিলে রশ্মিধারা তিন ভাগে ভাগ হইয়া যায়। এক ভাগ রশ্মি পজেটিভ চুম্বকের দিকে আকর্ষিত হয়, আর এক ভাগ রশ্মি পজেটিভ চুম্বকের বিপরীত দিকে বিকর্ষিত হইয়া বাঁকাইয়া যায় এবং তৃতীয় ভাগ রশ্মি চুম্বকের উপস্থিতি অগ্রাহ্য করিয়া সোজা সরল রেখায় নির্গত হইতে থাকে। এই পরীক্ষায় স্পষ্টভাবে জানা যায়, যে-রশ্মিগুচ্ছ চুম্বকের পজেটিভ মুখের দিকে আকর্ষিত হয় সেগুলি নেগেটিভ তড়িদ্‌ধর্মসম্পন্ন এবং যে রশ্মিগুচ্ছ চুম্বকের বিপরীত দিকে বিকর্ষিত হয় সেগুলি পজেটিভ তড়িদ্‌ধর্মসম্পন্ন। যে-রশ্মিগুচ্ছ চুম্বকের উপস্থিতি অগ্রাহ্য করিয়া সোজা সরল রেখায় নির্গত হইয়া যায় তাহা আলোক রশ্মির সমগোত্রী। গ্রীক অক্ষর অনুযায়ী রাদারফোর্ড এই রশ্মিগুলির নাম দেন **আল্‌ফা** (α), **বিটা** (β), ও **গামা** (γ) রশ্মি।

আল্‌ফা রশ্মি (Alfa rays) : আল্‌ফা রশ্মি পজেটিভ তড়িদ্‌ধর্মী পদার্থকণার সমষ্টি। এরূপ একটি রশ্মিকণা ধর্মে হিলিয়াম আয়নের ন্যায়। ওজনে এক একটি হিলিয়াম পরমাণু চারিটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সমান। সুতরাং এরূপ একটি আল্‌ফা কণার ওজন 4 , আল্‌ফা কণার পজেটিভ চার্জের মাত্রা—দুই , এরূপ আল্‌ফা কণার গতি প্রতি সেকেণ্ডে প্রায় চল্লিশ হাজার মাইল পর্যন্ত হইতে পারে। আল্‌ফা কণার পক্ষে সাধারণ পাতলা পর্দা ভেদ করাও সম্ভব নয়। নির্গত হওয়ার পর বায়ুতে কিছুদূর যাইয়া **আলফা কণা তড়িদ্‌ধর্ম হারাইয়া মৌলিক পদার্থ হিলিয়ামের পরমাণুতে পরিণত হয়।**



আলফা, বিটা ও গামা রশ্মি

বিটা রশ্মি (Beta-rays) : বিটা রশ্মি নেগেটিভ তড়িদ্‌ধর্মী। এরূপ একটি কণার ওজন একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর $\frac{১}{১৮৩৮}$ ভাগ এবং ইহা এক [illegible] নেগেটিভ চার্জ বহন করে। অর্থাৎ বিটা রশ্মি ইলেকট্রন কণার সমষ্টিমাত্র। তেজস্ক্রিয় রশ্মির এই বিটা বা ইলেকট্রন কণার গতিবেগ প্রতি সেকেণ্ডে দুই হাজার হইতে

একলক্ষ মাইল পর্যন্ত হইতে পারে। এই বিটা রশ্মি পাতলা ধাতুব পাত অনায়াসে ভেদ করিতে পারে।

গামা রশ্মি (Gama rays): গামা রশ্মি তড়িৎ-কণা নয়। ইহা সাধারণ অলোক-রশ্মির সমগোত্রী। বশ্মিব তবঙ্গ-দৈর্ঘ্য রনট্‌জেন রশ্মির চেয়ে অনেক কম। ইহার গতিবেগ সাধারণ আলোকের ন্যায় প্রতি সেকেণ্ডে 186,000 মাইল।

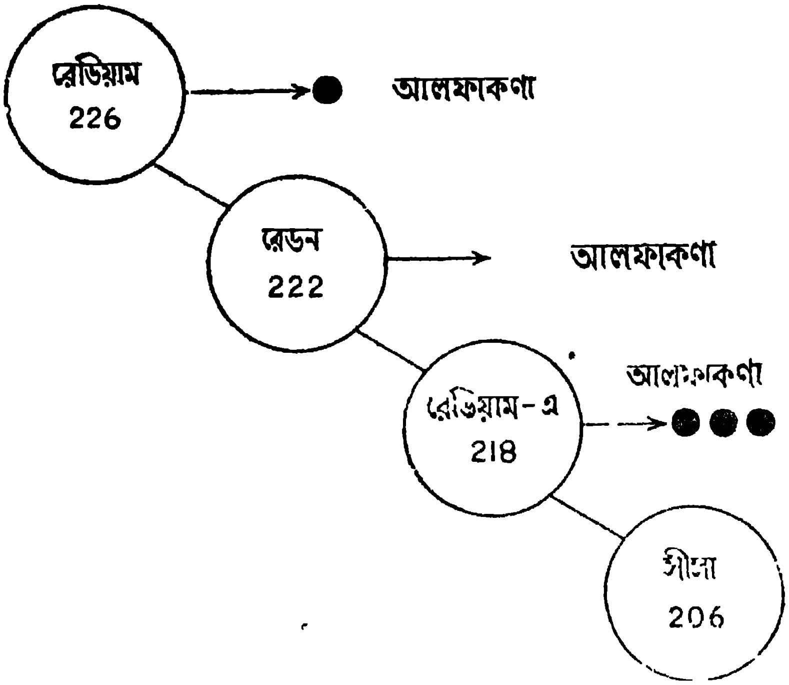
তেজস্ক্রিয় মৌল (Radio-active elements): **যে মৌল তেজোরশ্মি বিকীর্ণ করিয়া অন্য মৌল বা আইসোটোপে রূপান্তরিত হয় তাহাকে তেজস্ক্রিয় মৌল বা রেডিও অ্যাকটিভ এলিমেণ্ট বলা হয়।** ইয়ূরেনিয়াম, বেডিয়াম, থোরিয়াম, পোলোনিয়াম ইত্যাদি এরূপ প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় মৌল। এরূপ তেজস্ক্রিয় মৌল হিলিয়ম আয়নরূপে আল্‌ফা-কণা, ইলেকট্রনরূপে বিটা কণা এবং সূক্ষ্মতব আলোকরশ্মিরূপে গামা বশ্মি বিকীর্ণ কবে। বর্তমানে কৃত্রিম উপায়ে অন্যান্য নিষ্ক্রিয় মৌলকেও তেজস্ক্রিয় মৌলে পরিণত কবা যায়। এরূপ কৃত্রিম তেজস্ক্রিয় মৌল হইতে পজিট্রন কণা নির্গত হইতে পাবে।

তেজস্ক্রিয়া (Radio-activity): **যে পদ্ধতিতে ইয়ুরেনিয়াম, রেডিয়াম, থোরিয়াম ইত্যাদি মৌল অবিরাম স্বতঃস্ফূর্তভাবে ও সর্ব অবস্থায় অদৃশ্য তেজোরশ্মি বিকীর্ণ করে এবং যে তেজোরশ্মি হিলিয়াম আয়নরূপে আলফা-কণা, ইলেকট্রন-রূপে বিটা-কণা এবং সূক্ষ্মতর আলোক রশ্মিরূপে গামা-রশ্মির সমবায়ে গঠিত এবং যে রশ্মি নির্গমনের ফলে তেজস্ক্রিয় মৌল শেষ পর্যন্ত নিম্নতর ওজনের অন্য মৌলে রূপান্তরিত হয় তাহাকে প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয়া বা রেডিও অ্যাকটিভিটি বলা হয়।**

পরমাণু হইতে পরমাণু সৃষ্টি?

ইয়ুবেনিয়াম, বেডিয়াম, থোবিয়াম, পোলোনিয়াম—ইহাবা প্রত্যেকেই এক একটি মৌলিক পদার্থ। মৌলিক পদার্থেব অর্থ এই জানা ছিল যে, এই পদার্থগুলি এক এবকম নিরেট, ঠাসা ও অবিভাজ্য সূক্ষ্মতম পদার্থকণা তথা পবমাণু দ্বাবা তৈরী। কিন্তু আল্‌ফা কণাগুলি মৌলিক পদার্থ হিলিয়াম[illegible] কণা। সুতরাং মৌলিক পদার্থ হিলিয়াম কি করিয়া অপব মৌলিক পদার্থ মাত্র [illegible]য়াম, রেডিয়াম বা থোরিয়ামের ভিতর হইতে সৃষ্টি হয়? মৌলিক পদা[illegible] চলিত ধাবণা অনুযায়ী কোন একটি মৌলিক পদার্থ হইতে তো অ[illegible]রূপ নূতন

মৌলিক পদার্থ সৃষ্টি হওয়া সম্ভব নয়। তেজস্ক্রিয় পদার্থজাত আল্‌ফা রশ্মির পরিচয় পাইয়া বিজ্ঞানীরা বিস্মিত হইয়া গেলেন। রেডিয়ামের পারমাণবিক ওজন 226; সুতরাং একটি রেডিয়াম পরমাণু হইতে যদি 4 ওজনের একটি হিলিয়াম পরমাণু কণা নির্গত হইয়া যায় তবে রেডিয়াম পরমাণু কণার ওজন কমিয়া হইবে (226−4)=222; বস্তুত দেখা যায় তেজস্ক্রিয় পদার্থ হইতে গ্যাসীয় স্রোতের ন্যায় একরকম **তেজস্ক্রিয় নিঃসার** বা **'ইমানেশন'** (emanation) নির্গত হয় এবং ইহার মধ্যে 222 ওজনের **রেডন** (Radon) নামে একটি মৌলিক পদার্থ পাওয়া যায়। আরও দেখা যায়, পর পর কয়েকটি আল্‌ফা কণা বিচ্ছুরণের ফলে একটি পরমাণু শেষ পর্যন্ত 206 ওজনের নিষ্ক্রিয় বা স্বাভাবিক সীসার পরমাণুতে পরিণত হইয়া যায়।



রেডিয়াম পরমাণুর রূপান্তরে সীসার পরমাণু গঠন

তেজস্ক্রিয় রশ্মি ও তেজস্ক্রিয় নিঃসারের বিশ্লেষণ করিয়া এবং তেজস্ক্রিয় মৌলিক পদার্থ যে এরূপ অন্য কোন মৌলিক পদার্থে রূপান্তরিত হয় সেই প্রক্রিয়া দেখিয়া বিজ্ঞানী রাদারফোর্ড নিঃসন্দেহ হন যে মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলি আসলে একই রকম নিরেট, ঠাসা, অবিভাজ্য বা অখণ্ড কোন পদার্থকণা নয়। প্রতিটি মৌলিক পদার্থের পরমাণু বস্তুত নেগেটিভ বিদ্যুৎকণা ইলেকট্রন এবং পজেটিভ বিদ্যুৎকণা প্রোটিন দ্বারা গঠিত। যেমন, একটি হাইড্রোজেন পরমাণু একটি ইলেকট্রন ও একটি প্রোটিন কণা দ্বারা গঠিত। ইলেকট্রনের ওজন নগণ্য এবং প্রোটেনের ওজন এক, সুতরাং একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন—এক।

শুধু ইলেকট্রন ও প্রোটন কণা দ্বারা পরমাণুর কাঠামো রচিত—এরূপ সিদ্ধান্ত করিলে হাইড্রোজেনের পরবর্তী মৌলিক পদার্থ হিলিয়াম পরমাণুর গঠন-কল্পনায় এক নূতন অসুবিধা দেখা দেয়। হিলিয়াম পরমাণুর পজেটিভ চার্জ 2 কিন্তু ওজন 4; দুইটি পজেটিভ চার্জ সরবরাহ করিতে পারে দুইটি প্রোটন কণা এবং তাহার জন্য হিলিয়ামের ওজন হইবে—দুই। তাহা হইলে বাকি 2 ভাগ পরিমাণ ওজনের কারণ কি? বিভিন্ন মৌলে এক্স্ রে (X-Ray) সম্পাতিত করিয়া এবং প্রত্যাগত এক্স-রের তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য মাপিয়া বিভিন্ন মৌলের নিউক্লিয়াসে কত চার্জ আছে তা নির্ণয় করিয়া বিজ্ঞানী **মোস্‌লে** (Moseley) দেখান যে, হাইড্রোজেন পরমাণুর বৈদ্যুতিক চার্জ 1, হিলিয়ামের 2, লিথিয়ামের 3, বোরনের 4 এবং এইভাবে পর পর প্রতিটি উচ্চতর ওজনের মৌলিক পদার্থের পরমাণুতে একটি একটি করিয়া বৈদ্যুতিক চার্জের-সংখ্যা বাড়িয়া উচ্চতম ওজনের প্রাকৃতিক মৌলিক পদার্থ ইউরেনিয়ামের পরমাণুতে চার্জ সংখ্যা দাঁড়ায় 92.

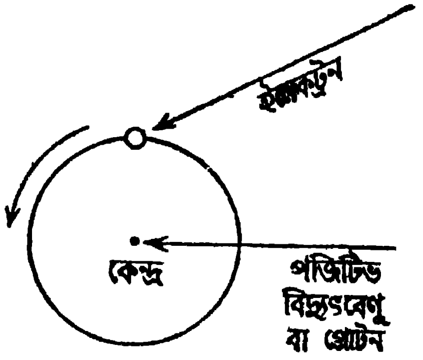
নিউট্রন (Neutron): রাদারফোর্ড পরমাণুর ওজনের এই সমস্যা দূর করেন **নিউট্রন** নামের তড়িদ্ধর্ম-নিরপেক্ষ একরকম পদার্থ কণার কল্পনা করিয়া। তিনি বলেন, এই পদার্থকণা নিউট্রন ওজনে প্রোটন কণার সমান কিন্তু ইহার কোন তড়িদ্ধর্ম নাই। এই কাল্পনিক কণা নিউট্রনের যথার্থ অস্তিত্ব 1932 খ্রীষ্টাব্দে প্রমাণ করেন বিজ্ঞানী **সাডউইক** (Chadwick)।

নিউট্রন-কল্পনার পরে পরমাণুর গঠন রচনার অসুবিধা দূর হইয়া যায়। দেখা যায় যে, একটি হিলিয়াম পরমাণু দুইটি প্রোটন, দুইটি নিউট্রন এবং দুইটি ইলেকট্রন কণা দ্বারা গঠিত। দুইটি প্রোটনের জন্য হিলিয়ামের চার্জ 2 এবং দুইটি প্রোটন ও দুইটি নিউট্রনের জন্য হিলিয়ামের ওজন 4.

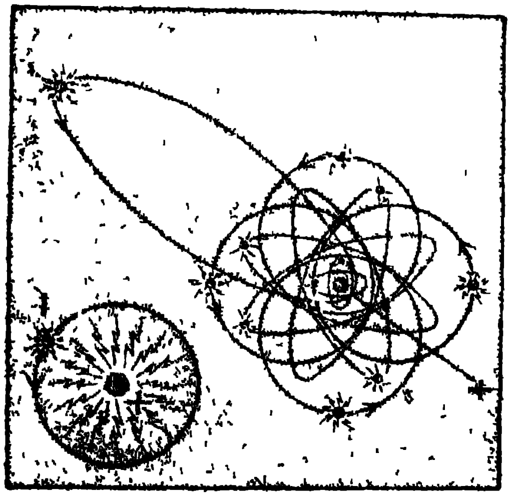
পরমাণুর সংগঠন (Atomic Structure)

ক্যাথোড রশ্মি ও পজেটিভ রশ্মির আবিষ্কার, লেনার্ডের গবেষণা, তেজস্ক্রিয় পদার্থের রূপান্তরের ঘটনাবলী এবং পরমাণুর নিউক্লিয়াসে চার্জ নির্ধারণে মোস্‌লের গবেষণা হইতে যে সমস্ত তথ্য পাওয়া যায় তাহার উপরে ভিত্তি করিয়া বিজ্ঞানী রাদারফোর্ড পরমাণুর সংগঠন সম্বন্ধে এক নূতন পরিকল্পনা রচনা করেন। ইহা বিজ্ঞানে **রাদারফোর্ডের পরমাণুর সংগঠন তত্ত্ব** (Rutherford's theory of atomic structure) নামে খ্যাত। নানা সংশোধনের পরে পারমাণবিক তত্ত্বের বর্তমান সংক্ষিপ্ত পরিচয় পর পৃষ্ঠায় বর্ণিত হইল।

মৌলের পরমাণু মূলত ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রন এবং পজিট্রন, মেসন, অ্যান্টিপ্রোটন ও ভি-কণা দ্বারা গঠিত। মূলত প্রোটন ও নিউট্রন দ্বারা পরমাণুর **নিউক্লিয়াস** গঠিত। এই নিউক্লিয়াসের মধ্যে পজিট্রন, অ্যান্টিপ্রোটন, মেসন ও ভি-কণাগুলি কিভাবে গঠিত থাকে তাহা এখনও অজ্ঞাত। একটি ইলেকট্রনের ওজন এক (1) ধরা হইলে একটি প্রোটনের ওজন 1837 এবং একটি নিউট্রনের ওজন 1839, ইলেকট্রন এক মাত্রা নেগেটিভ চার্জ (e^-), এবং প্রোটন এক মাত্রা পজেটিভ চার্জ ($^+$) বহন করে কিন্তু নিউট্রনের মধ্যে কোন চার্জ নাই এবং ইহা তাই তড়িৎ-ধর্মহীন। নিউক্লিয়াসের মধ্যে প্রোটন, নিউট্রন এবং অন্যান্য প্রাথমিক কণা অতি ক্ষুদ্র আয়তনের মধ্যে পিণ্ডাবদ্ধ হইয়া সংস্থিত থাকে। এই নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করিয়া ইলেকট্রেনগুলি অবিরাম ঘুরিতে থাকে। সৌর মণ্ডলে সূর্যকে কেন্দ্র করিয়া যেরূপ ভাবে গ্রহগুলি ঘুরিতে থাকে, পরমাণুর কাঠামোর মধ্যেও নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করিয়া ইলেকট্রনগুলি অনুরূপভাবে বিবর্তিত হইতে থাকে। সৌর মণ্ডলের সমগ্র আয়তনের অধিকাংশ স্থানই যেরূপ শূন্যময়, পরমাণুর আয়তনের অধিকাংশ স্থানই সেরূপ শূন্যময়। নিউক্লিয়াসের আয়তন পরমাণুর সমগ্র



রাদারফোর্ডের হাইড্রোজেন পরমাণুর পরিকল্পনা



বাঁয়ে হাইড্রোজেন ও ডাইনে সোডিয়াম পরমাণুর গঠন-কাঠামো

আয়তনের একলক্ষ কোটি ভাগের এক ভাগ মাত্র। একটি ইলেকট্রনের আয়তন গড়ে একটি নিউক্লিয়াসের আয়তনের প্রায় সমান।

হাইড্রোজেন পরমাণুর সংগঠন সবচেয়ে সরল। 1·0078 ওজনের একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর নিউক্লিয়াসে একটি প্রোটন বর্তমান এবং ইহাকে ঘিরিয়া আলোকের গতিবেগের প্রায় কাছাকাছি গতিবেগে একটি ইলেকট্রন ঘুরিতে থাকে। প্রতি পরমাণুতে ইলেকট্রন ও প্রোটনের সংখ্যা সমান থাকে বলিয়া স্বাভাবিক অবস্থায় পরমাণুর মধ্যে কোন তড়িৎ-ধর্মের প্রকাশ দেখা যায় না। পরমাণুর ওজন গঠিত হয় মূলত নিউক্লিয়াসে অবস্থিত প্রোটন ও নিউট্রনের যুক্ত ওজন দ্বারা। ইলেকট্রনগুলি যে শক্তি বহন করে তাহার মাত্রার উপরে নিউক্লিয়াস হইতে ইহাদের বিবর্তনের কক্ষপথের দূরত্ব নির্ভর করে।

পজিট্রন ওজনে ইলেকট্রনের সমান কিন্তু ইহা একমাত্রা পজেটিভ চার্জ বহন করে। মেসন পজেটিভ বা নেগেটিভ চার্জ বহন করে এবং ওজনে ইলেকট্রনের প্রায় 200 গুণ ভারী। অ্যান্টিপ্রোটন ওজনে প্রোটনের সমান কিন্তু এক মাত্রা নেগেটিভ চার্জ বহন করে। ভি-কণাগুলি ওজনে প্রোটনের চেয়ে কিছুটা ভারী এবং ইহারা পজেটিভ, নেগেটিভ ও প্রশম কণা হইতে পারে। ইহাই পরমাণুর সংগঠনের সাধারণ বিবরণ। নিচে অপেক্ষাকৃত বিস্তৃত বিবরণ দেওয়া হইল।

1. পরমাণুর উপাদান : মৌল-কণা (Fundamental or Primary particles) : পরমাণু মূলত **ইলেকট্রন**, **প্রোটন** ও **নিউট্রন** কণা দ্বারা গঠিত। কিন্তু বর্তমানে পরমাণুর **নিউক্লিয়াসে** বা **কেন্দ্রধরে** আরও কয়েকটি কণার সন্ধান পাওয়া গিয়াছে। ইহাদের নাম **পজিট্রন**, **মেসন**, **ভি-কণা** ও **অ্যান্টিপ্রোটন**। এরূপ কণাগুলি পরমাণুর তথা পদার্থের মূল উপাদান বলিয়া ইহাদের **মৌল কণা** বা **প্রাথমিক কণা** বলা হয়।

(i) **ইলেকট্রন** (Electron) : ইলেকট্রনের ভর বা ওজন এক (1) এবং এক ইয়ুনিট নেগেটিভ তড়িৎ বা $-1{\cdot}601\times10^{-19}$ কুলম্ব তড়িৎ বহন করে। ইহা ওজনে একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর $\frac{1}{1836{\cdot}14}$ ভাগ। ওজনে কম হইলেও আয়তনে ইলেকট্রন প্রোটন ও নিউট্রন হইতে বড়। একটি ইলেকট্রনের ব্যাসার্ধের মাপ 10^{-12} cm., ইহা একটি স্থায়ী কণা। ইলেকট্রনের প্রতীক e^-,

(ii) **প্রোটন** (Proton) : একটি ইলেকট্রনের তুলনায় প্রোটনের ভর বা ওজন 1836·14 এবং এক ইয়ুনিট পজেটিভ চার্জ বা $+1{\cdot}601\times10^{-19}$

কুলম্ব তড়িৎ বহন করে। ইহা ওজনে মোটামুটি একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সমান। ইহা একটি স্থায়ী প্রাথমিক কণা।

(iii) **নিউট্রন** (Neutron): নিউট্রন তড়িৎ ধর্মহীন প্রাথমিক কণা। ওজনে ইহা প্রোটনের প্রায় সমান অর্থাৎ ইহার ভর বা ওজন 1839 , মোটামুটি ওজনে নিউট্রন = প্রোটন = হাইড্রোজেন পরমাণু , ইহার অর্ধায়ু 15 মিনিট।

পরমাণুর নিউক্লিয়াস বা কেন্দ্রধরের গঠন এখনও বহু অংশে অজ্ঞাত ও রহস্যময় রহিয়াছে। পরমাণুর মধ্যে উল্লিখিত মৌল কণাগুলি ছাড়াও কয়েকটি নতুন কণার সন্ধান পাওয়া গিয়াছে। ইহাদের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা অনুরূপ :

(iv) **পজিট্রন** (Positron): ইহা ওজনে ইলেকট্রন কণার সমান কিন্তু পজিট্রন এক ইয়ুনিট পজেটিভ চার্জ (e^+) বহন করে। পজিট্রন প্রকৃতিতে স্থায়ী। একটি পজিট্রন ও একটি ইলেকট্রনের পারস্পরিক বিক্রিয়ায় দুইটি আলোক কণা বা ফোটন (Photon) গঠিত হয়। পজিট্রনের প্রতীক— $(e^+;$,

বিক্রিয়া : ইলেকট্রন (e^-) + পজিট্রন $(e^+) \rightarrow$ 2 কণা ফোটন।

(v) **মেসন** (Meson): মেসন তড়িৎ ধর্মে পজেটিভ বা নেগেটিভ হইতে পারে। ওজনে বিভিন্ন প্রকারের মেসন, যথা, 210 ও 275 ওজনের পজেটিভ মেসন এবং 210 ও 275 ওজনের নেগেটিভ মেসন পাওয়া যায়। পজেটিভ মেসন স্বতঃস্ফূর্ত ভাবে পজিট্রনে এবং নেগেটিভ মেসন ইলেকট্রনে এবং দুইটি করিয়া নিউট্রনে রূপান্তরিত হয়। ইহারা অত্যন্ত ক্ষণস্থায়ী এবং ইহাদের অর্ধায়ু 2×10^{-6} সেকেণ্ড ও 1×10^{-6} সেকেণ্ড ,

(vi) **ভি-কণা** (V-Particles): ভি-কণা পজেটিভ, নেগেটিভ বা তড়িৎ-নিরপেক্ষ হইতে পারে। পজেটিভ, নেগেটিভ ও প্রশম ভি-কণার ভর বা ওজন 2200 , ইহারা ক্ষণস্থায়ী মৌল কণা। নিরপেক্ষ ভি-কণার অর্ধায়ু পজেটিভ ও নেগেটিভ ভি-কণার অর্ধায়ুর দ্বি-গুণ।

ইলেকট্রন—1896, প্রোটন—1900, নিউট্রন—1932, পজিট্রন—1932, মেসন—1936 - 50 এবং ভি-কণা—1947 সালে আবিষ্কৃত হইয়াছে।

ওজনে ও চার্জে প্রোটনের সমান কিন্তু তড়িৎ-ধর্মে নেগেটিভ এরূপ এক রকম কণার সন্ধান পাওয়া গিয়াছে যাদের নাম দেওয়া হইয়াছে **অ্যান্টিপ্রোটন** (Anti-Proton)।

যে আলোক কণার কোন ভর বা ওজন নাই কিন্তু শক্তি আছে তাকে **ফোটন** (Photon) এবং যে পদার্থ কণার কোন ভর নাই তাকে **নিউট্রন** (Neutron) বলা হয়।

2. **পরমাণুর গঠন** (Formation of atom) : পরমাণুর দুইটি অংশ। বাইরের অংশের নাম (i) **ইলেকট্রন মহল** (Electron shell) এবং কেন্দ্রের অংশের নাম (ii) **নিউক্লিয়াস** (Nucleus)। সৌরমণ্ডলে সূর্যকে কেন্দ্র করিয়া গ্রহরাজী যেরূপ সূর্যের চারিদিকে অবিরাম ঘোরে বা বিবর্তিত হয় সেইরূপ নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করিয়া ইলেকট্রনগুলি অবিরাম নিউক্লিয়াসের চারিদিকে আবর্তিত হয়। সূর্য এবং গ্রহরাজী যেরূপ সৌরমণ্ডলের অতি সামান্য স্থান জুড়িয়া অবস্থিত থাকে এবং ইহার অধিকাংশ স্থানই যেরূপ শূন্যময় সেইরূপ নিউক্লিয়াস ও ইলেকট্রনও পরমাণুর অতি সামান্য অংশ দখল করিয়া থাকে,—পরমাণুর অধিকাংশ স্থানই থাকে শূন্যময়। গোটা পরমাণু আকারে ক্ষুদ্র,—সমস্ত রকম পরমাণুর ব্যাস দুই হইতে পাঁচ আংগষ্ট্রমের (A°) মধ্যে [1A° = 0·00000001 cm. বা 10^{-8} cm.] তাই কোন এক ঘন ইঞ্চি পরিমাণ পদার্থে 10^{24} সংখ্যক পরমাণু পাওয়া যায়। হাইড্রোজেন পরমাণুর গঠন সবচেয়ে সরল। ইহার কেন্দ্রে থাকে একটি নিউক্লিয়াস এবং ইলেকট্রন মহলে একটি ইলেকট্রন।

(i) **ইলেকট্রন মহল** (Electronic Shell) : হাইড্রোজেন ব্যতীত সমস্ত পরমাণুর ইলেকট্রন মহলে একাধিক ইলেকট্রন বর্তমান। হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রনটি গড়ে প্রতি সেকেণ্ডে $2{\cdot}18 \times 10^{8}$ cm. অর্থাৎ আলোর গতিবেগের মাত্র এক শতাংশ কম বেগে নিউক্লিয়াসের চারিপাশে ঘোরে। ইলেকট্রন মহলে ইলেকট্রনগুলি পরপর উচ্চতর স্তরে বা কক্ষে অবস্থিত নয়,—ইলেকট্রনগুলি সাতটি স্তরে বা ইলেকট্রন খোলে (shell) অবস্থিত থাকে। কোন্ স্তরে কয়টি ইলেকট্রন অবস্থিত থাকিবে তাহার সংখ্যাও নির্দিষ্ট। ইলেকট্রনগুলির কোন নির্দিষ্ট কক্ষপথ নাই, নিজেদের গতিশক্তির উপরে নির্ভর করিয়া ইহারা কখনও নিউক্লিয়াসের কাছে, কখনও বা দূরের কক্ষ অবলম্বন করিয়া অবিরাম ঘুরিতে থাকে।

(ii) **নিউক্লিয়াস** (Nucleus) : মূলত প্রোটন ও নিউট্রন দ্বারা পরমাণুর নিউক্লিয়াস গঠিত। নিউক্লিয়াসে অন্যান্য মৌল কণাগুলি কিভাবে সংস্থিত রহিয়াছে তাহা এখনও অজ্ঞাত। নিউক্লিয়াসের গড় ব্যাসের পরিমাপ 10^{-12} cm.। নিউক্লিয়াসের ব্যাস পরমাণুর ব্যাসের দশ হাজার ভাগের একভাগ মাত্র। আয়তনে নিউক্লিয়াস প্রায় একটি ইলেকট্রনের সমান অর্থাৎ গড় হিসাবে নিউক্লিয়াসের আয়তন পরমাণুর সমগ্র আয়তনের একলক্ষ কোটি ভাগের একভাগ মাত্র। তাই পরমাণুর অধিকাংশ স্থানই শূন্যময়। কিন্তু

নিউক্লিয়াসের এই অতি ক্ষুদ্র আয়তনের মধ্যেই পরমাণুর মূল পদার্থ সন্নিবিষ্ট থাকে। তাই নিউক্লিয়াসের ঘনত্ব বিস্ময়করভাবে বেশি। গড়ে প্রতি ঘন সেন্টিমিটার (c.c.) নিউক্লিয়াসের ঘনত্ব 10^{12} গ্রাম। তাই একটি ঘনফুট বাক্সে ঠাসাঠাসি করিয়া যদি প্লাটিনাম ভরা যায় তাহা হইলে সমগ্র প্লাটিনাম পরমাণুর নিউক্লিয়াসের আয়তন হইবে একটি আলপিনের মুখের সমান মাত্র।

নিউক্লিয়াসের মধ্যে প্রোটন ও নিউট্রনগুলি এরূপ প্রচণ্ড শক্তিতে পরস্পরে আবদ্ধ থাকে যে কোন যান্ত্রিক বা রাসায়নিক শক্তি প্রয়োগ করিয়া নিউক্লিয়াস বিখণ্ডন বা প্রোটন ও নিউট্রন বিচ্ছিন্ন করা যায় না। যে শক্তিতে নিউক্লিয়াসের মৌলকণাগুলি পরস্পরে পিণ্ডাবদ্ধ থাকে তাহাকে বলা হয় নিউক্লিয়াসের **বন্ধন শক্তি** (Binding force)।

পরমাণুর তড়িৎ প্রশমতা : পরমাণু তড়িৎ-ধর্মে মূলত নেগেটিভ কণা ইলেকট্রন ও পজেটিভ কণা প্রোটন দ্বারা গঠিত হইলেও স্বাভাবিক অবস্থায় পরমাণুর মধ্যে কোন তড়িতের লক্ষণ থাকে না। কারণ, প্রতিটি পরমাণুর ইলেকট্রন ও প্রোটন সমান সংখ্যায় বর্তমান থাকে বলিয়া প্রত্যেক পরমাণুতে পজেটিভ ও বিপরীতধর্মী নেগেটিভ চার্জ সমান পরিমাণে থাকে এবং সেজন্য পরমাণুতে তড়িৎ-সাম্য স্থাপিত হয়। তড়িৎ-সাম্যের কয়েকটি উদাহরণ :

মৌল	ইলেকট্রন	প্রোটন
H	1	1
He	2	2
O	8	8
Ra	88	88
U	92	92

পরমাণুর আয়নে রূপান্তর (Atom to Ion) : কোন পরমাণু একটি বা একাধিক ইলেকট্রন বর্জন করিলে ইহার মধ্যে বর্জিত ইলেকট্রনের সম সংখ্যায় পজেটিভ চার্জ উদ্বৃত্ত হয় এবং পরমাণুটি একটি পজেটিভ আয়নে রূপান্তরিত হয়। পক্ষান্তরে কোন পরমাণু এক বা একাধিক ইলেকট্রন গ্রহণ করিলে ইহাতে ইলেকট্রনের সম-সংখ্যায় নেগেটিভ চার্জ উদ্বৃত্ত হয় এবং পরমাণুটি একটি নেগেটিভ আয়নে পরিণত হয়। যথা

$$H - e \rightarrow H^{+}, \quad Al - 3e \rightarrow Al^{+++}$$

$$Cl_2 + 2e \rightarrow 2Cl^{-}, \quad O_2 + 4e \rightarrow 2O^{=}$$

4. **ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রনের ভূমিকা** (Functions of electron, proton and neutron): (i) **ইলেকট্রন** নিজের নেগেটিভ চার্জ দ্বারা সম মাত্রার প্রোটনের পজেটিভ চার্জকে প্রশমিত করিয়া পরমাণুকে প্রশম অবস্থায় রাখে। পরমাণুর সবচেয়ে বাইরের খোলে যে ইলেকট্রন থাকে তাহার জন্যই বিভিন্ন পরমাণু পরস্পরে সংযুক্ত হইয়া অণু বা মলিকুল গঠন করিতে সক্ষম হয় অর্থাৎ বাইরের খোলে অবস্থিত ইলেকট্রন পরমাণুর যোজন-ক্ষমতা বা ভ্যালেন্সী সৃষ্টি করে।

(ii) **প্রোটন** পরমাণুর তড়িৎ-সাম্য রক্ষা করে। নিউক্লিয়াস গঠনের উপাদানরূপে কাজ করে, পরমাণুর ওজনের একাংশ সৃষ্টি করে এবং নিউক্লিয়াসের প্রোটনের সংখ্যা পরমাণুর মৌলিকত্ব নির্ণয় করে।

(iii) **নিউট্রন** পরমাণুর আংশিক ওজন সৃষ্টি করে এবং নিউট্রন সংখ্যার তারতম্যের জন্য একই মৌলের বিভিন্ন ওজনের পরমাণু বা আইসোটোপ সৃষ্টি করিতে পারে। তেজস্ক্রিয় পরমাণুর তেজস্ক্রিয়তার জন্য নিউট্রন অনেকাংশে দায়ী।

5. **পরমাণুর মৌলিকত্ব** (Character of an Atom): পরমাণুর মৌলিকত্ব নির্ভর করে নিউক্লিয়াসে অবস্থিত প্রোটনের সংখ্যার উপরে। ইলেকট্রনের সংখ্যা হ্রাস বা বৃদ্ধি পাইলে পরমাণু আয়নে রূপান্তরিত হয় বটে কিন্তু আয়নের নিউক্লিয়াসের গঠন অপরিবর্তিত থাকে। নিউট্রনের সংখ্যা হ্রাস বা বৃদ্ধির জন্য কোন মৌলের পরমাণুর ওজন কম বা বেশি হইতে পারে অর্থাৎ একই মৌলের বিভিন্ন পারমাণবিক ওজন হইতে পারে কিন্তু ইহাতে কোন মৌলের পরমাণুর প্রোটন-সংখ্যার তারতম্য হয় না,—সর্বদা একই থাকে। হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রোটন সংখ্যা 1, হিলিয়ামের 2, লিথিয়ামের 3, বেরিলিয়ামের 4, বোরনের 5, কার্বনের 6, নাইট্রোজেনের 7, অক্সিজেনের 8, ক্যালসিয়ামের 20, রেডিয়ামের 88, ইয়ুরেনিয়ামের 92 ইত্যাদি। আগে পারমাণবিক ওজন দ্বারা যে কোন পরমাণুর মৌলিকত্ব নির্ণয় করা হইত কিন্তু এখন দেখা যায় যে, একই মৌলের একাধিক পারমাণবিক ওজন হইতে পারে কিন্তু প্রতিটি মৌলের পরমাণুতে প্রোটন-সংখ্যা নির্দিষ্ট বা স্থির থাকে। তাই **পরমাণুর মৌলিকত্ব বা প্রকৃতি নির্ণয় করা হয় প্রোটন-সংখ্যা বা পজেটিভ চার্জের সংখ্যা দ্বারা।**

পারমাণবিক সংখ্যা (Atomic Number): **যে কোন মৌলের একটি পরমাণুর মধ্যে যত সংখ্যক প্রোটন তথা পজেটিভ চার্জ থাকে**

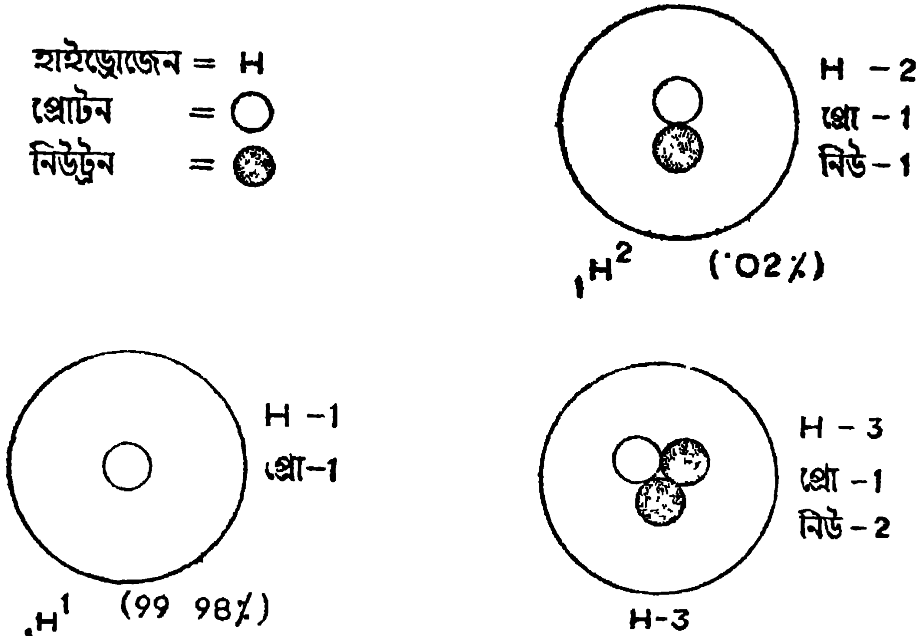
সেই সংখ্যাটিকে সেই মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা বা অ্যাটমিক নাম্বার বলা হয়। হাইড্রোজেনের পারমাণবিক সংখ্যা এক 1, অক্সিজেনের 8, সোডিয়ামের 11, অ্যালুমিনিয়ামের 13, ক্লোরিনের 17, ইত্যাদি। বর্তমানে মৌলের মৌলিকত্ব নির্ণয় করা হয় এই পারমাণবিক সংখ্যা দ্বারা। কোন মৌলের পারমাণবিক ওজন হ্রাস বা বৃদ্ধি পাইলে সেই মৌলের মৌলিকত্ব পরিবর্তিত নাও হইতে পারে কিন্তু মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা পরিবর্তিত হইলে মৌলটি অবশ্যই অন্য মৌলে রূপান্তরিত হইবে। অর্থাৎ **একই মৌলের একাধিক পারমাণবিক ওজন হইতে পারে কিন্তু পারমাণবিক সংখ্যা সব সময়ে স্থির বা একই থাকে।** হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 1, 2 বা 3 হইতে পারে কিন্তু ইহার পারমাণবিক সংখ্যা সব ক্ষেত্রেই হইবে 1; অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন 15, 16, 17, 18 এবং 19 হইতে পারে কিন্তু ইহার পারমাণবিক সংখ্যা সর্বদা হইবে 8 (আট)।

পারমাণবিক ভর-সংখ্যা (Mass number of an Atom): **কোন মৌলের একটি পরমাণুর নিউক্লিয়াসে যে কয়টি প্রোটন এবং নিউট্রন থাকে তাহাদের যুক্ত সংখ্যাকে সেই মৌলের ভর-সংখ্যা বা ম্যাস-নাম্বার বলা হয়।**

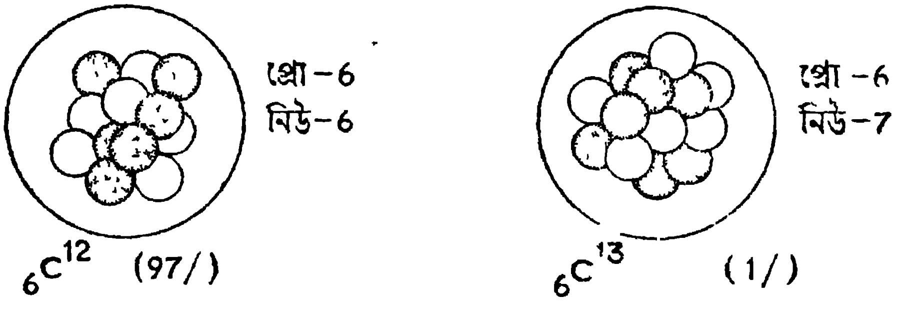
আইসোটোপ (Isotope) বা সমঘর

কোন মৌলের পরমাণুতে প্রোটনের সংখ্যা সুনির্দিষ্ট (fixed), কিন্তু ইহার নিউট্রনের সংখ্যা বিভিন্ন হইতে পারে। ইহাতে মৌলিক পদার্থের মৌলিকত্বের কোন পরিবর্তন হয় না—শুধু পারমাণবিক ওজনের পার্থক্য ঘটে। হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 1, 2 বা 3 (যথার্থ ওজন 1·0078, 2·0156, 3·0234) হইতে পারে কিন্তু সব কয়টি হাইড্রোজেন পরমাণুতে প্রোটনের সংখ্যা হইবে এক। প্রাকৃতিক জলে 1 ওজনের হাইড্রোজেন (H) পাওয়া যায় 99·98% এবং 2 ওজনের H অর্থাৎ ডয়ট্রিয়াম পাওয়া যায় ·02% কিন্তু 3 ওজনের হাইড্রোজেন (H) অর্থাৎ ট্রাইট্রিয়াম প্রধানত কৃত্রিমভাবে তৈরী করা হয়। কার্বনের পারমাণবিক ওজন 10, 11, 12 এবং 13 হইতে পারে। এরূপ সর্ব পরমাণুতেই প্রোটনের সংখ্যা হইবে 6 কিন্তু বিভিন্ন ওজনের কার্বনে নিউট্রনের সংখ্যা যথাক্রমে 4, 5, 6 ও 7 হইবে। অক্সিজেনের পারমাণবিক

ওজন 15, 16, 17, 18 ও 19 হইতে পারে: কিন্তু সব ওজনের অক্সিজেন পরমাণুতে প্রোটনের সংখ্যা হইবে 8, শুধু নিউট্রনের সংখ্যা অক্সিজেন পরমাণুতে 7, 8, 9, 10 বা 11 হইতে পারে।



হাইড্রোজেনের তিনটি আইসোটোপ বা সমঘর



কার্বনের দুইটি আইসোটোপ বা সমঘর

আইসোটোপ (Isotope): একই মৌলের একাধিক পরমাণুর নিউক্লিয়াসে যদি একই সংখ্যক প্রোটন কিন্তু বিভিন্ন সংখ্যক নিউট্রন থাকে তাহা হইলে পরমাণুগুলির ওজন বিভিন্ন হয় এবং সেইরূপ পরমাণুগুলিকে সেই মৌলের আইসোটোপ বলা হয়। পরমাণুর নিউক্লিয়াসে নিউট্রনের সংখ্যার বিভিন্নতার জন্য একই মৌলের বিভিন্ন আইসোটোপ গঠিত হয়। ওজনে পৃথক হইলেও ইহারা একই মৌল এবং মৌলিক পদার্থের তালিকায় তথা ‘পিরিয়ডিক টেবিলে’ এরূপ বিভিন্ন ওজনের পরমাণুগুলি

একই ঘরে অবস্থান করে। তাই ইহাদের বলা হয় সমঘর। ['আইসো' অর্থ সম এবং 'টোপস্' অর্থ স্থান বা ঘর।] এখন কৃত্রিমভাবে নিউট্রনের সংখ্যা বাড়াইয়া বা কমাইয়া বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের বহু নূতন নূতন কৃত্রিম আইসোটোপ তৈরী করা সম্ভব হইয়াছে।

আইসোটোপের কয়েকটি নমুনা

মৌলের নাম	একাধিক পারমাণবিক ওজন	প্রোটন সংখ্যা বা অ্যাটমিক নাম্বার	নিউট্রন সংখ্যা (At wt -Al-No.)
হিলিয়াম	3, 4, 6,	2	1, 2, 4
নাইট্রোজেন	13, 14, 15, 16	7	6, 7, 8, 9
অ্যালুমিনিয়াম	26, 27, 28, 29	13	13, 14, 15, 16
ক্লোরিন	33,34,35,36,37 38	17	16,17,18,19,20 21
ক্যালসিয়াম	39,40,41,42,43,	20	19, 20, 21, 22
	44,45 46,48,49		23, 24, 25
			26, 28, 29

পারমাণবিক ওজন ভগ্নাংশিক কেন? (Why at. wt. fractional): যেহেতু হাইড্রোজেনের ওজন 1 ধরিলে পরমাণুর ওজন = প্রোটন + নিউট্রন এবং যেহেতু প্রোটনের ওজন = নিউট্রনের ওজন = 1, সেই হেতু প্রতিটি মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন একটি পূর্ণ-সংখ্যা হওয়া উচিত। কিন্তু দেখা যায়, ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন 35·5, জিংকের ওজন 65·38 এবং কপারের 63·54, ইহার কারণ, এই মৌলিক পদার্থগুলির পারমাণবিক ওজন বস্তুতঃ বিভিন্ন আইসোটোপের বিভিন্ন অনুপাতে প্রাপ্ত পারমাণবিক ওজনের গড় হিসাব। ক্লোরিনের বিভিন্ন আইসোটোপের ওজন 33, 34, 35, 36, 37 ও 38, জিংকের 64, 66, 68, 69 এবং 70, এবং কপারের 63 এবং 65, প্রকৃতিতে এই সমস্ত আইসোটোপ পাওয়া যায় বিভিন্ন পরিমাণে। তাই, ইহাদের গড় হিসাবের পারমাণবিক ওজন হয় ভগ্নাংশ। পরমাণুর ওজন প্রোটন ও নিউট্রনের যুক্ত ওজনরূপে গঠিত বলিয়া প্রতি মৌলের আইসোটোপের

ওজন এক একটি পূর্ণসংখ্যা নির্দেশ করে। অর্থাৎ, আইসোটোপের ওজন কখনও ভগ্নাংশ হয় না।

মৌলিক পদার্থের মৌলিকত্ব (Characteristics of Elements) : ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রন আবিষ্কারের এবং পরমাণুর নূতন গঠনতত্ত্ব স্বীকৃতির পরে মৌলিক পদার্থকে আর মৌল বলা যায় না। কারণ, ডালটনের কল্পনা অনুযায়ী মৌলিক পদার্থের পরমাণু এখন আর একটি অখণ্ড পদার্থ নয়। বস্তুত, ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রন—অর্থাৎ, এই প্রাথমিক কণাগুলিই (fundamental particles) যথার্থ মৌলিক পদার্থ। কিন্তু মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলিকে এখন আর অখণ্ড ও অবিভাজ্য পদার্থকণা বলা না গেলেও সমস্ত **রাসায়নিক বিক্রিয়ায় মৌলিক পদার্থের পরমাণুর নিউক্লিয়াস তথা প্রোটন ও নিউট্রন সমেত সমগ্র পিণ্ডটি এক একটি অখণ্ড ও অবিভাজ্য পদার্থকণার মতই ব্যবহার করে।** পরমাণুর নিউক্লিয়াসের প্রোটন বা নিউট্রন কণা আলাদাভাবে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোন অংশ গ্রহণ করে না। তাই, রাসায়নিক ক্রিয়া-বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে এখনও মৌলিক পদার্থগুলিকে **ব্যবহারিক অর্থে** মৌলিক পদার্থই বলা হয়।

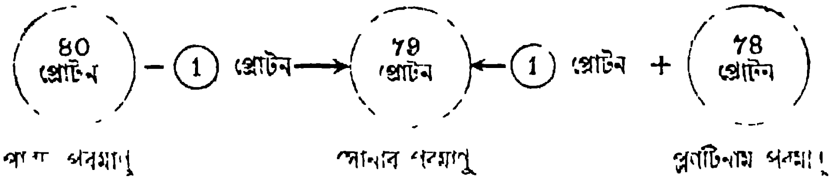
পরমাণুর সংগঠন এবং ডালটনের পরমাণুবাদ ও স্থিরানুপাত সূত্র : পরমাণু যে ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রন কণা দ্বারা গঠিত সেকথা জানার পরে ডালটনের পরমাণুবাদ অনুযায়ী একথা আর বলা যায় না যে পরমাণু অখণ্ড ও অবিভাজ্য কণা। পারমাণবিক ওজন মৌলের মূল প্রকৃতি নির্দেশ করে,—ডালটনের এই মতও আর অভ্রান্ত নয়। আইসোটোপের গঠন অনুযায়ী 14 পারমাণবিক ওজন দ্বারা কার্বন ও নাইট্রোজেন অথবা 16 পারমাণবিক ওজন দ্বারা নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্দেশ করিতে পারে। পারমাণবিক ওজন বিভিন্ন হইলেও পারমাণবিক সংখ্যা একই মৌলের প্রতিটি আইসোটোপের ক্ষেত্রে একই থাকে বলিয়া পারমাণবিক ওজন নয়,—পারমাণবিক সংখ্যাই মৌলের নির্ভুল প্রকৃতি নির্দেশ করে। তাই, আইসোটোপ গঠিত হয় বলিয়া একই মৌলের বিভিন্ন পরমাণু ভৌতধর্মে বিভিন্ন হইতে পারে কিন্তু মূলত একই থাকে।

স্থিরানুপাত সূত্র অনুযায়ী একই যৌগ সর্বদা একই রকম মৌল দ্বারা গঠিত হইলেও মৌলগুলির পারস্পরিক অনুপাত এক নাও হইতে পারে।

স্বাভাবিক জলে (H_2O) $H : O = 1 : 8$
ভারী জলে (H_2O) $H : O = 2 : 8$
[2 পারমাণবিক ওজনের হাইড্রোজেনকে ডয়ট্রিয়াম (D) বলা হয়।]
কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) $C : O \quad 12 : 32$
কার্বন ডাই-অকসাইড (CO_2) $C : O = 14 : 36$
(আইসোটোপ সংযোগে)
[পাঃ ওজনঃ $H = 1, 2$, $C = 12, 14$, $O = 16, 18$]

পরমাণুর রূপান্তর (Transmutation of atom)

পারদের পরমাণুতে প্রোটন আছে ৪০টি। সোনার পরমাণুতে প্রোটনের সংখ্যা 79 এবং প্লাটিনাম পরমাণুর প্রোটন-সংখ্যা 78 , সুতরাং পারদ পরমাণুর নিউক্লিয়াস হইতে যদি একটি প্রোটন কাড়িয়া লওয়া যায় অথবা প্লাটিনাম পরমাণুর নিউক্লিয়াসে যদি একটি প্রোটন জুড়িয়া দেওয়া যায় তবে পারদ ও প্লাটিনামকে সোনায় পরিণত করা সম্ভব হইবে। যথা :



কিন্তু পরমাণুর নিউক্লিয়াস হইতে প্রোটন ছিন্ন করা বা নিউক্লিয়াসে প্রোটন জুড়িয়া দেওয়া এক দুরূহ কাজ। কারণ, নিউক্লিয়াসের প্রোটন ও নিউট্রন কণাগুলি প্রচণ্ড শক্তিতে পরস্পরে পিণ্ডাবদ্ধ থাকে। কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পরমাণুর পিণ্ড হইতে প্রোটন বা নিউট্রন ছিন্ন বা যুক্ত করা সম্ভব নয়। কিন্তু বিশেষ ধরনে তৈরী বৈদ্যুতিক কণা-বিচ্ছুরণকারী যন্ত্রে প্রোটন বা আল্‌ফা কণা প্রতি সেকেণ্ডে এক লক্ষ মাইলের বেশি গতিবেগসম্পন্ন করিয়া সেই কণা পরমাণুর নিউক্লিয়াস পিণ্ডে ছুঁড়িয়া পরমাণুর নিউক্লিয়াসে প্রোটন-সংখ্যা কমানো বা বাড়ানো সম্ভব। এইরূপ কণা-বিচ্ছুরণকারী যন্ত্রের নাম **সাইক্লোট্রন, বিভাট্রন, কসমোট্রন** (Cyclotron, Bivatron, Cosmotron) ইত্যাদি। এরূপ যন্ত্রের সহায়তায় একরকম মৌলিক পদার্থকে আরেক রকম মৌলিক পদার্থে রূপান্তরিত করা যায়। কিন্তু এরূপভাবে কৃত্রিম মৌলিক পদার্থ নির্মাণ অত্যন্ত ব্যয়সাধ্য। এরূপ যন্ত্রের সাহায্যে কৃত্রিম তেজস্ক্রিয় পদার্থও তৈরী করা যায়। ইয়ুরেনিয়াম, থোরিয়াম, রেডিয়াম,

পোলোনিয়াম—এরূপ কয়টি প্রাকৃতিক মৌলিক পদার্থ বিশেষভাবে তেজস্ক্রিয়। কিন্তু এখন কৃত্রিমভাবে সমস্ত মৌলিক পদার্থকেই তেজস্ক্রিয় (radio-active) পদার্থে পরিণত করা যায়।

কৃত্রিম মৌল (Artificial element): সবচেয়ে ভারী প্রাকৃতিক মৌলিক পদার্থ ইয়ুরেনিয়ামের পরমাণুতে প্রোটন আছে 92 ; ইয়ুরেনিয়ামের পরমাণুতে কৃত্রিমভাবে আরও কয়েকটি প্রোটন জুড়িয়া দিয়া বর্তমানে কয়েকটি **কৃত্রিম মৌলিক পদার্থ** তৈরী করা সম্ভব হইয়াছে। যথা:

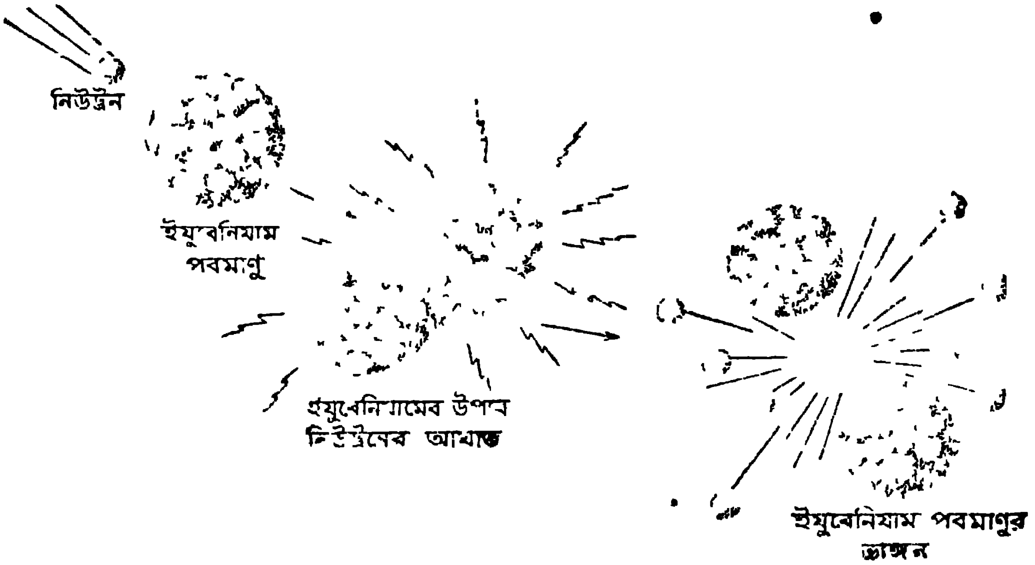
কৃত্রিম মৌলিক পদার্থের নাম	**প্রোটন-সংখ্যা**
নেপচুনিয়াম (Neptunium)	92+1=93
প্লুটোনিয়াম (Plutonium)	92+2=94
আমেরিসিয়াম (Americium)	92+3=95
কিউরিয়াম (Curium)	92+4=96
বার্কেলিয়াম (Barkelium)	92+5=97
ক্যালিফর্নিয়াম (Californium)	92+6=98
আইনস্টাইনিয়াম (Einsteinium)	92+7=99
ফারমিয়াম (Fermium)	92+8=100
মেণ্ডেলিভিয়াম (Mendelevium)	92+9=101
নবেলিয়াম (Nobelium)	92+10=102

একমাত্র প্লুটোনিয়াম ছাড়া অন্যান্য কৃত্রিম মৌলিক পদার্থগুলি অতি স্বল্পক্ষণ মাত্র স্থায়ী থাকে। ইহারা অল্প সময়ের মধ্যেই অন্য স্থায়ী মৌলিক পদার্থে পরিণত হইয়া যায়। একমাত্র প্লুটোনিয়াম অনেকদিন পর্যন্ত স্থায়ী থাকে বলিয়া ইহাকে পারমাণবিক শক্তি উৎপাদনের এক প্রধান জ্বালানী রূপে ব্যবহার করা হয়।

পারমাণবিক শক্তি (Atomic Energy)

পরমাণুর গবেষণা মানব-সভ্যতাকে আজ নতুন জয়যাত্রার পথে অগ্রসর করিয়া দিয়াছে। পরমাণু হইতে যে শক্তি অর্জন করা যায় তাহাতে যেমন চরম বিধ্বংসী পরমাণু বোমা ও হাইড্রোজেন বোমা তৈরী করা যায় সেইরূপ পরমাণুর শক্তিকে রচনাত্মক কাজেও ব্যবহার করা সম্ভব। পরমাণুর শক্তি ব্যবহার করিয়া বিদ্যুদাগার নির্মাণ, জাহাজ ও সাবমেরিন চালনা এবং নানারকম ওষুধ ইত্যাদি তৈরী করা সম্ভব

হইয়াছে। এখন শিল্প ও স্বাস্থ্যের নানা প্রগতির কাজে পারমাণবিক শক্তি ব্যবহার করা হয়।

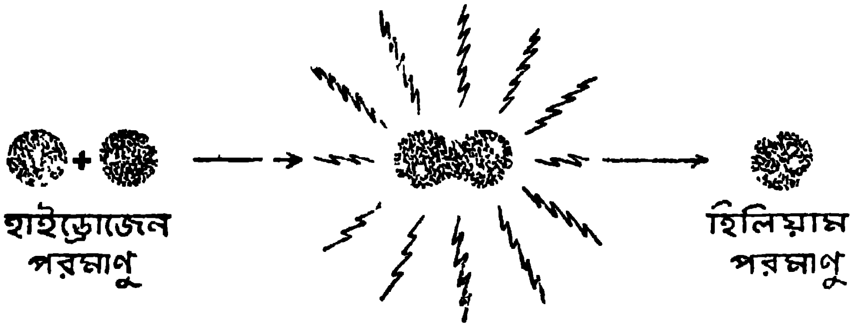

নিউট্রন
ইয়ুরেনিয়াম পরমাণু
ইয়ুরেনিয়ামের উপর নিউট্রনের আঘাত
ইয়ুরেনিয়াম পরমাণুর ভাঙ্গন

ইউরেনিয়াম পরমাণুর বিদারণ (fission)

পরমাণু বোমা (Atom bomb): ভারী মৌলিক পদার্থ ইউরেনিয়ামের 235 পারমাণবিক ওজনের আইসোটোপকে যদি নিউট্রন কণা দ্বারা আঘাত করা যায় তবে ইউরেনিয়াম পরমাণু দুই খণ্ডে ভাঙ্গিয়া যায় এবং তার ফলে সম্পূর্ণ ভিন্ন ধরনের দুইটি মৌলিক পদার্থের পরমাণুর সৃষ্টি হয়। নিউট্রনের আঘাতে ইউরেনিয়াম পরমাণুর এরূপ ভাঙ্গবার বা বিদারণের সময় স্বল্প পরিমাণ পদার্থ সাধারণ আগুনের চেয়ে 25 লক্ষ গুণ বেশি তাপ-শক্তি সৃষ্টি করে। এই তাপশক্তিই পারমাণবিক শক্তি। এই শক্তি ব্যবহার করিয়াই পরমাণু বোমা তৈরী করা হয়।

হাইড্রোজেন বোমা (Hydrogen bomb): হাইড্রোজেন পরমাণু সবচেয়ে হাল্কা। দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুকে গলাইয়া জোড়া দিয়া যদি হাইড্রোজেনের পরবর্তী ওজনের হিলিয়াম পরমাণু তৈরী করা যায় তবে এরূপভাবে হিলিয়াম গঠনের সময় স্বল্প পদার্থ শক্তিতে রূপান্তরিত হইয়া প্রচণ্ড তাপ-শক্তি সৃষ্টি করে। এরূপভাবে হিলিয়াম গঠনের জন্য 2 ওজনের হাইড্রোজেন আইসোটোপ ডয়টেরিয়াম এবং 3 ওজনের আইসোটোপ ট্রাইটিয়াম (H-2, H-3) ব্যবহার করা হয়। কিন্তু হাইড্রোজেন পরমাণু সংযুক্ত করিয়া হিলিয়াম পরমাণু গঠনের জন্য কমপক্ষে দশ কোটি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপাংক প্রয়োজন। কিন্তু মাত্র 6000°C তাপাংকে পৃথিবীর যে-কোন পদার্থ বাষ্পে পরিণত হইয়া যায়। হাইড্রোজেন স্তূপের মধ্যে পরমাণু বোমা বিদীর্ণ করিয়া মুহূর্তের জন্য 100 000,000 C তাপাংক সৃষ্টি করিয়া হাইড্রোজেন

পরমাণু গলাইয়া হিলিয়ামে পরিণত করা সম্ভব। এরূপ প্রক্রিয়ায় প্রচণ্ড তাপ শক্তি সৃষ্টি হয় এবং এইভাবেই তৈরী করা হয় হাইড্রোজেন বোমা।



হাইড্রোজেন পরমাণুর সংযোজনে হিলিয়াম গঠন [fusion]

পারমাণবিক শক্তি প্রধানত তাপ-শক্তি। এক গ্রাম কয়লা হইতে যে-তাপশক্তি পাওয়া যায়, এক গ্রাম ইয়ুরেনিয়াম বা প্লুটোনিয়াম হইতে তার চেয়ে 25 লক্ষ গুণ বেশি তাপ-শক্তি পাওয়া যায়। **সাধারণত তাপশক্তি সৃষ্টি হয় রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কিন্তু পারমাণবিক শক্তি সৃষ্টি হয় পরমাণুর রূপান্তর প্রক্রিয়ায়।**

যে-যন্ত্রে পরমাণুকে রূপান্তরিত করিয়া তাপ-শক্তি সৃষ্টি করা হয় তাহাকে বলা হয় **রি-অ্যাক্টর** (Reactor) বা **পারমাণবিক চুল্লী** বা **পারমাণবিক উনান**। ভারতের ট্রম্বে শহরে টাটা গবেষণাগারে এরূপ পারমাণবিক চুল্লী স্থাপিত হইয়াছে। ভারতের পারমাণবিক শক্তি হইতে ক্যান্সার রোগের চিকিৎসার জন্য আইসোটোপরূপে তেজস্ক্রিয় ঔষধ এবং অন্যান্য গবেষণা ও শিল্প কাজের জন্য তেজস্ক্রিয় পদার্থ এবং বিদ্যুৎ তৈরী করার উদ্যোগ চলিতেছে।

পরমাণুর তাপ-শক্তি বা পরমাণুর আগুনের সঙ্গে কয়লার তাপ-শক্তি তথা সাধারণ আগুনের কোন তুলনাই হয় না। পারমাণবিক তাপ-শক্তি বা আগুনের তেজ সাধারণ তাপ-শক্তি বা আগুনের চেয়ে প্রায় 25 লক্ষ গুণ বেশি ক্ষমতাশালী। ইয়ুরেনিয়াম ভাঙ্গনের ফলে যে তাপ-শক্তি সৃষ্টি হয় তাহা নিয়ন্ত্রণ করা সম্ভব। কিন্তু হাইড্রোজেন গলাইয়া যে তাপ-শক্তি সৃষ্টি হয় তাহা দ্বারা শুধু বোমাই তৈরী করা যায়। এখনও হাইড্রোজেন বিগলনের তাপ-শক্তি নিয়ন্ত্রণ করা সম্ভব হয় নাই। এই শক্তি নিয়ন্ত্রণের জন্য গবেষণা চলিতেছে। তাই, রচনাত্মক কাজের জন্য এখন শুধু ইয়ুরেনিয়াম, থোরিয়াম ও প্লুটোনিয়াম পরমাণু ভাঙ্গিয়া পারমাণবিক শক্তি উৎপাদন করা সম্ভব। পারমাণবিক চুল্লীতে তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ তৈরী করা যায়। এই তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ ওষুধ রূপে কৃষিকার্যে ও শিল্পে ব্যবহার করা হয়।

যেদিন প্রথম আগুন আবিষ্কৃত হয় সেইদিন মানব-সভ্যতার সূত্রপাত হয়। লোহার আবিষ্কারের সঙ্গে সঙ্গে এই মানব-সভ্যতায় দেখা দেয় এক নতুন প্রগতি। স্টীম-ইঞ্জিন আবিষ্কারের ফলে সূচনা হয় যান্ত্রিক-সভ্যতার। পরমাণুর আগুন আজ মানব-সভ্যতার সামনে এক অপূর্ব সম্ভাবনার আমন্ত্রণ আনিয়াছে। পরমাণু শক্তির মধ্যে ধ্বংসের চেয়ে সৃষ্টির সম্ভাবনা অনেক বেশি। এই পারমাণবিক শক্তির অবদানে আগামী দিনে মানব-সভ্যতায় যে কী অভূতপূর্ব প্রগতি দেখা দিবে সেকথা ভাবিতেও আজ এক নতুন আশা ও উদ্দীপনায় মন স্বপ্নময় হয়ে ওঠে।

Questions to be discussed

1. Give simple idea about Electron, Proton and Neutron, How many electrons and protons are there in an atom of carbon and oxygen ?

2. Explain in a simple way the structure of an atom ? What are the functions of electron, proton and neutron in the formation of atom ?

3. What is atomic number ? How does atomic weight differ from atmoic number ? Why elements are still called elements although their atoms are no longer indivisible ?

4. What will happen to an atom of oxygen if an electron or a proton or a neutron is added to it ? Can an element be changed to other element ?

5. What is radio-activity ? What are the composition of radio-active rays ? What is isotope ? What happens if 2 neutrons are added to an atom of hydrogen ? Can oxygen have more than one atomic weight ? Why the atomic weight of chlorine is not a whole number ?

6. What is atomic energy ? How is it produced ?

7. Write a short para on each of the following :
(*a*) Structure of an atom, (*b*) Electro-valency and covalency,
[*II S. Exam. 1960*]

8. Write short notes on protons, electrons and neutrons. Give the electronic explanation of the formation of the molecules of sodium flouride and flourine. Mention the type of valency exhibited in each case. [Atomic number , Na = 11, F = 19]
[*H. S. Exam. 1961*]

9 An atom of an element contains 11 protons and 12 neutrons in its nucleus. What is its (*a*) atomic weight ; (*b*) atomic number ? How many electrons does the atom contain and how are these electrons arranged in the atom ?

Show how this atom may combine chemically with an atom of fluorine (At no = 2) [*H S Exam. (comp) 1962*]

10. What is radio-activity ? How has Dalton's conception about atoms been modified by the discovery of this phenomenon ?

Give a brief account of your idea about the structure of atoms.
[*H S. Exam. 1963*]

11. Write short notes on :—

(*a*) Protons, electrons and neutrons.

(*b*) Radio-activity

(*c*) Isotopes. [*H. S Exam. 1964*]

11. Define briefly the modern idea about the structure of atom and explain 'oxidation and reduction' in terms of electrons, illustrating your answer with four examples.
[*H. S. Exam 1965*]

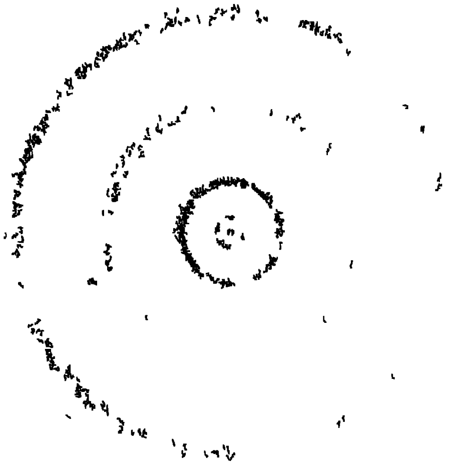
৬ ইলেকট্রন ও যোজ্যতা

পরমাণুর ইলেকট্রন মহল

(Electronic structure of atom)

যে-কোন পরমাণুর কেন্দ্রে অবস্থিত থাকে একটি নিউক্লিয়াস (nucleus) বা কেন্দ্রধর এবং এই অতি ক্ষুদ্রাকৃতি নিউক্লিয়াসের চারিপাশে অবস্থিত থাকে অপেক্ষাকৃত বৃহদাকৃতি ইলেকট্রন মহল তথা ইলেকট্রন শেল (shell)। নিউক্লিয়াসে পজেটিভ চার্জবাহী যে কয়টি প্রোটন থাকে, ইলেকট্রন মহলেও ঠিক সেইরূপ একই সংখ্যক নেগেটিভ চার্জবাহী ইলেকট্রন থাকে। ইলেকট্রন ও প্রোটনের সংখ্যা-সমতার জন্য স্বাভাবিক অবস্থায় যে-কোন পরমাণু তড়িদ্ধর্মে নিরপেক্ষ।

ইলেকট্রন মহলের আকৃতি মোটামুটি বৃত্তাকার। ইলেকট্রনগুলি বৃত্তাকার কক্ষে সর্বদা নিউক্লিয়াসের চারিদিকে ঘোরে। কিন্তু ইলেকট্রন মহলের ইলেকট্রনগুলি একটি অথবা প্রতিটি ইলেকট্রনের জন্য স্বতন্ত্রস্তরে এক একটি কক্ষে অবস্থিত নহে। ইয়ুরেনিয়ামের পারমাণবিক সংখ্যা 92 ; সুতরাং ইহার ইলেকট্রন মহলে 92টি ইলেকট্রন বর্তমান। এই 92টি ইলেকট্রন এক একটি করিয়া 92টি স্বতন্ত্র স্তরের কক্ষে অবস্থিত নয়। এই ইলেকট্রনগুলির কক্ষ সাতটি স্তরে অবস্থিত থাকিতে পারে এবং এক একটি স্তরে অবস্থান করিতে পারে একাধিক ইলেকট্রন। কোন্ স্তরের কক্ষে কয়টি ইলেকট্রন অবস্থান করিতে পারে তাহার সর্বোচ্চ সংখ্যা নির্দিষ্ট। এই ইলেকট্রনগুলি যে গতিশক্তি বহন করে সেই শক্তি অনুযায়ী নিউক্লিয়াস হইতে বিভিন্ন দূরত্বে অবস্থান করে। তাই ইলেকট্রন অবস্থানের কক্ষকে **শক্তি-স্তরও** (Energy level) বলা হয়। সাধারণভাবে বিভিন্ন স্তরের ইলেকট্রন কক্ষগুলিকে **ইলেকট্রন খোল** বা **ইলেকট্রন শেল** (Electron Shell) বলা হয়। সদা ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রন মহলের ফটো গ্রহণ করা সম্ভব হইলে ইহা দেখিতে চক্রায়িত হইবে, মেঘাবরণের ন্যায়।



ইলেকট্রন মহলের মেঘাবরণ রূপ

পরমাণুর ইলেকট্রন মহলের ইলেক্‌ট্রন খোল বা শেলগুলিকে যথাক্রমে K, L, M, N, O, P, Q অথবা সংখ্যানুযায়ী 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 রূপে নামাংকিত করা হইয়াছে। কোন্ খোলে সর্বোচ্চ সংখ্যায় কয়টি ইলেক্‌ট্রন অবস্থান করিতে পারে তাহার আসন সংখ্যা নির্দিষ্ট। বিভিন্ন খোলে বা শেলে সর্বোচ্চ সংখ্যায় কয়টি ইলেক্‌ট্রন অবস্থান করিতে পারে তাহার একটি সাধারণ সংকেতে নির্দেশ করা যায়। কোন এক শক্তি-স্তর বা ইলেক্‌ট্রন খোলের ক্রমিক সংখ্যা যদি সাধারণ ভাবে ধরা হয় n তাহা হইলে এক একটি ইলেক্‌ট্রন খোলে সংখ্যা হইবে $= 2n^2$

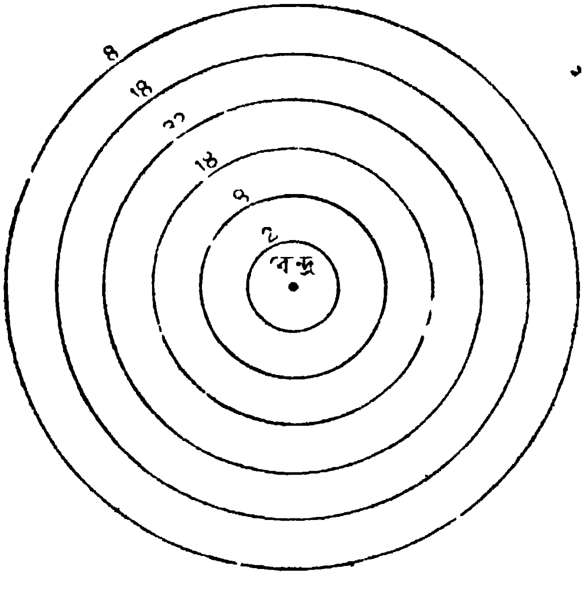
খোল	খোলের সংখ্যা বা শক্তি-স্তর (n)	ইলেক্‌ট্রনের সর্বোচ্চ সংখ্যা $= 2n^2$
K	1	$2 \times 1^2 = 2$
L	2	$2 \times 2^2 = 8$
M	3	$2 \times 3^2 = 18$
N	4	$2 \times 4^2 = 32$

ইলেক্‌ট্রন মহলের এরূপ গঠন-তত্ত্ব প্রথম কল্পনা করেন প্রখ্যাত ডেনিশ বিজ্ঞানী **নীলস্ বোর** (Niels-Bohr), পরমাণুর ইলেক্‌ট্রন মহলে গঠন-প্রকৃতির বিশ্লেষণ নিম্নরূপ।

ইলেকট্রন খোল বা শেলের গঠন

(Structure of electron shell)

প্রথমত, যে-কোন পরমাণুর সবচেয়ে বাইরের খোলে যে কয়টি ইলেক্‌ট্রন অবস্থান করিতে পারে তার সর্বোচ্চ সংখ্যা—৮, কিন্তু একমাত্র হাইড্রোজেন ও হিলিয়াম পরমাণুর বাইরের খোলে ইলেক্‌ট্রনের সর্বোচ্চ আসন সংখ্যা 2.



রেডন পরমাণুর ইলেকট্রন খোল

দ্বিতীয়ত, হিলিয়াম (He), নিয়ন (Ne), আরগন (A), ক্রিপটন (Kr), জিনন (Xe) এবং রেডন (Rn)—এই ছয়টি নিষ্ক্রিয় মৌলিক পদার্থের (Inert element) প্রতিটি ক্ষেত্রে প্রতি খোলে বা শেলে নির্দিষ্ট সর্বোচ্চ সংখ্যায় ইলেক্‌ট্রন অবস্থিত থাকে। তাই ইহাদের প্রতিটি পরমাণুর ক্ষেত্রে সবচেয়ে বাইরের খোলে ইলেক্‌ট্রনের সংখ্যা থাকে—8. একমাত্র হিলিয়ামের ক্ষেত্রে ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা—2.

নিষ্ক্রিয় পদার্থের ইলেকট্রন খোল

মৌলের প্রতীক	মোট ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা	ইলেক্‌ট্রন খোল					
		K	L	M	N	O	P
He	2	2					
Ne	10	2	8				
A	18	2	8	8			
Kr	36	2	8	18	8		
Xe	54	2	8	18	18	8	
Rn	86	2	8	18	32	18	8

তৃতীয়ত, ছয়টি নিষ্ক্রিয় মৌলিক পদার্থের পরমাণু ব্যতীত অন্য যে কোন মৌলিক পদার্থের পরমাণুর সবচেয়ে বাইরের খোলে কখনও 8টি ইলেক্‌ট্রন থাকে না,—থাকে আটটির কম। যথা:

মৌলের পরমাণুর প্রতীক	সবচেয়ে বাইরের খোলে ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা
C	4
N	5
O	6
Na	1
Al	3
Ca	2
Br	7
Pb	4
U	2

চতুর্থত, নিষ্ক্রিয় মৌলিক পদার্থের সবচেয়ে বাইরের খোলে সর্বদা 8টি ইলেকট্রন সংখ্যা পূর্ণ থাকে বলিয়া এরূপ নিষ্ক্রিয় মৌলের **ইলেকট্রোনিক কাঠামো** (Electronic configuration) অত্যন্ত সুস্থির (stable)। [হিলিয়ামের ক্ষেত্রে বাইরের খোলে ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা 2.] **এইরূপ সুস্থিরতার জন্য নিষ্ক্রিয় মৌলের কোন যোজ্যতা** (valency) **নাই, সুতরাং ইহাদের কোন যৌগও নাই।**

পঞ্চমত, অন্য সমস্ত মৌলিক পদার্থের পরমাণুর মধ্যে নিষ্ক্রিয় মৌলের পারমাণবিক কাঠামোর ন্যায় সুস্থিরতা অর্জনের আগ্রহ বা প্রবণতা দেখা যায়। যে-কোন পরমাণুর পক্ষে সুস্থিরতা (stability) অর্জনের জন্য সবচেয়ে বাইরের খোলে ইলেকট্রন সংখ্যা 8 হওয়া প্রয়োজন। বাইরের খোলে অবস্থিত ইলেক্‌ট্রন বর্জন করিয়া অথবা অন্য কোন পরমাণুর বাইরের খোল হইতে অতিরিক্ত ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া কোন পরমাণুর পক্ষে বাইরের খোলে ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা 8টিতে পূর্ণ করিয়া নিষ্ক্রিয় মৌলের ইলেক্‌ট্রন মহলের আকার (configuration) লাভে সুস্থিরতা অর্জন করা সম্ভব।

পরমাণুর আয়নে রূপান্তর (Changing of atom to ion): সোডিয়ামের পারমাণবিক সংখ্যা 11, সুতরাং মোট ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা 11, এই ইলেক্‌ট্রন 2+8+1—এইভাবে তিনটি খোলে অবস্থিত। সুতরাং বাইরের খোলের ইলেক্‌ট্রন (*e*) সংখ্যা—1, এই ইলেক্‌ট্রনটি বর্জন করিলে বাইরের খোলে ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা দাঁড়ায় 8 এবং মোট ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা দাঁড়ায় 10 নিষ্ক্রিয় মৌল নিয়নের বাইরের খোলেও ইলেক্‌ট্রন (*e*) সংখ্যা 8 এবং মোট ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা 10, সুতরাং একটি ইলেক্‌ট্রন (*e*) বর্জন করিয়া সোডিয়াম পরমাণু নিয়ন পরমাণুর ইলেক্‌ট্রন মহলের আকার ধারণ করে।

একটি ইলেক্‌ট্রন (*e*) বর্জনের ফলে সোডিয়াম পরমাণুর নিউক্লিয়াসের একটি পজেটিভ চার্জ উদ্বৃত্ত হইয়া তড়িৎ-রূপে আত্মপ্রকাশ করে এবং পরমাণু পজেটিভ আয়নে পরিণত হয়। ইলেকট্রন (*e*) গ্রহণের ফলে একটি পরমাণুর কাঠামে নেগেটিভ চার্জ উদ্বৃত্ত হয় ও ইহাতে নেগেটিভ তড়িতের লক্ষণ প্রকাশ পায় এবং পরমাণুর নেগেটিভ আয়নে পরিণত হয়। গৃহীত বা বর্জিত ইলেক্‌ট্রনের সংখ্যা অনুযায়ী আয়নের নেগেটিভ বা পজেটিভ চার্জের সংখ্যা নির্ধারিত হয়। এরূপ **ইলেকট্রন বর্জন বা গ্রহণের ফলে বিভিন্ন পরমাণু আয়নে পরিণত হইয়া নিকটবর্তী নিষ্ক্রিয় মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন মহলের আকার ধারণ করে।** তাই আয়ন পরমাণু হইতে অধিকতর সুস্থির।

যথা :

পরমাণু	**আয়ন**	**নিষ্ক্রিয় পরমাণুর আকার**
$Na - e \longrightarrow$	Na^{+}	Ne (নিয়ন)
ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা $= 2+8+1$	ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা $= 2+8$	ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা $= 2+8$
$Al - 3e \longrightarrow$	Al^{+++}	
ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা $= 2+8+3$	ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা $= 2+8$	ঐ
$Ca - 2e \longrightarrow$	Ca^{++}	A (আরগন)
ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা $= 2+8+8+2$	ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা $= 2+8+8$	ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা $= 2+8+8$
$Cl + e \longrightarrow$	Cl^{-}	
ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা $= 2+8+7$	ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা $= 2+8+8$	ঐ
$Cl - 7e \longrightarrow$	$Cl^{+++++++}$	Ne (নিয়ন)
ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা $= 2+8+7$	ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা $= 2+8$	ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা $= 2+8$
$I + e \longrightarrow$	I^{-}	Xe (জিনন)
ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা $= 2+8+18+18+7$	ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা $= 2+8+18+18+8$	ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা $= 2+8+18+18+8$

যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব

(Electronic theory of Valency)

বাইরের ইলেকট্রন খোলে আটটি ইলেকট্রন সংখ্যা পূর্ণ করিয়া নিষ্ক্রিয় মৌলিক পদার্থের পরমাণুর ন্যায় সুস্থিরতা অর্জনের জন্য অন্য সমস্ত পরমাণুর মধ্যে সর্বদা একটি আগ্রহ দেখা যায়। **বাইরের খোলে আটটি ইলেকট্রন সংখ্যা পূর্ণ করিয়া নিষ্ক্রিয় মৌলিক পদার্থের ন্যায় সুস্থিরতা অর্জন করার এই আগ্রহই মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা এবং যৌগ গঠনের কারণ।** বাইরের খোলে আটটি ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা পূর্ণ করার এই আগ্রহ বিভিন্ন অনিষ্ক্রিয় মৌল পরমাণু পূর্ণ করে মূলত দুই ভাবে :

(i) বাইরের খোলে অবস্থিত ইলেকট্রন বর্জন বা গ্রহণ করিয়া অথবা,

(ii) যুগ্মভাবে একই ইলেক্‌ট্রন জোড় (pair) যোজকরূপে ব্যবহার করিয়া।

প্রথম ক্ষেত্রে কোন পরমাণু যে কয়টি ইলেক্‌ট্রন গ্রহণ বা বর্জন করে সেই সংখ্যা দ্বারা সেই পরমাণুর যোজ্যতা নির্ধারিত হয়। উপরের উদাহরণের ক্ষেত্রে সোডিয়ামের যোজ্যতা 1, ক্লোরিনের 1, ক্যালসিয়ামের 2 এবং অ্যালুমিনিয়ামের যোজ্যতা 3.

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে বাইরের খোলে ইলেক্‌ট্রনের সংখ্যা আটটিতে পূর্ণ করার জন্য কোন মৌলের পরমাণু যে কয়টি ইলেক্‌ট্রন জোড (pair) ব্যবহার করে সেই সংখ্যা দ্বারাই পরমাণুর যোজ্যতা নির্ধারিত হয়।

ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জনের প্রণালীতে মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা নির্ণয় এবং যৌগ গঠনের পদ্ধতির সর্বপ্রথম কল্পনা করেন বিজ্ঞানী **কোসেল** (Kossel—1916)। হাইড্রোজেন বা অকসিজেন অণুর ন্যায় একই মৌলের একাধিক পরমাণুর সম্মেলনে অণু গঠনের পদ্ধতি কোসেলের ইলেক্‌ট্রন গ্রহণ বা বর্জনের প্রণালীতে ব্যাখ্যা করা যায় না। প্রায় একই সময়ে সমধর্মী পরমাণুর সমবায়ে গঠিত অণুর গঠন পদ্ধতি ব্যাখ্যা করেন বিজ্ঞানী **লিয়ুইস** (Lewis), কোসেলের যোজন পদ্ধতিকে বলা হয় তড়িৎ-যোজ্যতা বা ইলেক্‌ট্রো-ভ্যালেন্সী এবং লিয়ুইসের পদ্ধতিকে বলা হয় সম-যোজ্যতা বা কো-ভ্যালেন্সী।

তড়িৎ-যোজ্যতা ও তড়িৎ-যোজী যৌগ

(Electro-valency and Electro-valent Compound)

তড়িৎ-যোজ্যতা (Electro-valency) **: ইলেক্‌ট্রন গ্রহণ বা বর্জন করিয়া বাইরের খোলে আটটি ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা পূর্ণ করিবার পদ্ধতিতে নিষ্ক্রিয় মৌলের পরমাণুর ন্যায় সুস্থিরতা অর্জনের প্রয়াসে কোন কোন পরমাণু পজেটিভ বা নেগেটিভ চার্জবাহী আয়নে পরিণত হয়। এরূপ বিপরীত তড়িদ্‌ধর্মী আয়নগুলি পারস্পরিক স্থির-তড়িতাকর্ষণে** (Electro-static attraction) **যে ভাবে যৌগ গঠন করে, সেই পদ্ধতিকে বলা হয় তড়িৎ-যোজ্যতা এবং গঠিত যৌগকে বলা হয় তড়িৎ-যোজী বা আয়নীয় বা হিটিরো পোলার যৌগ** (Electro-valent, Ionic or Hetero polar compound)।

এরূপ ক্ষেত্রে ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জনের ফলে যে যোজ্যতা প্রকাশ পায় তাহাকে বলা হয় তড়িৎ-যোজ্যতা অথবা ইলেক্ট্রো বা হিটিরো পোলার ভ্যালেন্সী (Ionic valency or Electro valency or Hetero-polar valency)। তড়িৎ-যোজী যৌগে পরমাণুর পারস্পরিক বন্ধনভঙ্গীকে বলা হয় তড়িৎ-যোজী বা আয়নীয় বা পোলার বণ্ড বা যোজক (Electro-valent bond, Ionic bond or hetero polar bond).

তড়িৎ-যোজী যৌগ গঠনে গৃহীত বা বর্জিত ইলেক্ট্রনের সংখ্যা দ্বারা পরমাণুর যোজ্যতা নির্ধারিত করা হয়।

তড়িৎ-যোজ্যতার উদাহরণ

(1) সোডিয়াম পরমাণুর ইলেক্ট্রন সংখ্যা $=2+8+1=11$,
বাইরের খোলে ইলেক্ট্রন $=1$
ক্লোরিন পরমাণুর ইলেক্ট্রন সংখ্যা $=2+8+7=17$,
বাইরের খোলে ইলেক্ট্রন $=7$

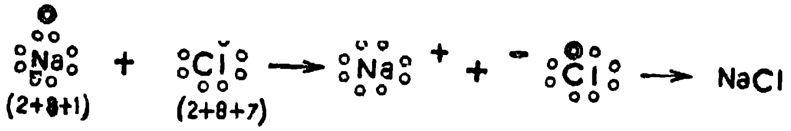
সোডিয়াম পরমাণুর একটি ইলেক্ট্রন বর্জন এবং ক্লোরিন পরমাণু সেই একটি ইলেক্ট্রন গ্রহণ করিলে উভয়ের বাইরের খোলে ইলেক্ট্রন সংখ্যা দাঁড়ায়—8.

ইলেক্ট্রন বর্জন করার ফলে সোডিয়াম পরমাণুর কাঠামোতে পজেটিভ ও নেগেটিভ চার্জের সাম্য ব্যাহত হয়। একটি ইলেক্ট্রন (e) বর্জনের ফলে একটি নেগেটিভ চার্জ হ্রাস পায় এবং সোডিয়াম পরমাণুর মধ্যে একটি পজেটিভ চার্জ উদ্বৃত্ত হয়। ইহার ফলে সোডিয়াম পরমাণু এক মাত্রা পজেটিভ চার্জবাহী সোডিয়াম আয়নে (Na^+) পরিণত হয়। যথা: $Na - e \rightarrow Na^+$

সোডিয়াম পরমাণু যে ইলেক্ট্রনটি বর্জন করে ক্লোরিন পরমাণু সেই ইলেক্ট্রনটি (e) গ্রহণ করায় ক্লোরিন পরমাণুর মধ্যে একটি নেগেটিভ চার্জ উদ্বৃত্ত হয় এবং ইহার ফলে ক্লোরিন পরমাণু একটি নেগেটিভ চার্জবাহী ক্লোরিন আয়নে (Cl^-) পরিণত হয়। যথা: $Cl + e \rightarrow Cl^-$

সোডিয়াম ও ক্লোরিন পরমাণুর আয়নে পরিণত হওয়ার পরে পজেটিভ সোডিয়াম আয়ন (Na^+) ও নেগেটিভ ক্লোরিন আয়ন (Cl^-) পরস্পরের স্থিত-তড়িতাকর্ষণে (Electro-static attraction) সংযুক্ত হইয়া নিরপেক্ষ সোডিয়াম ক্লোরাইড ($NaCl$) যৌগে পরিণত হয়। যথা:

(i) NaCl (সোডিয়াম ক্লোরাইড)



$$Na - e \rightarrow Na^+ ,\ Cl + e \rightarrow Cl^-$$
$$Na^+ + Cl^- \rightleftharpoons Na^+Cl^-$$

NaCl যৌগ গঠন

ক্লোরিনের পরিবর্তে একই কাঠামে ফ্লোরিন (F), ব্রোমিন (Br) এবং আয়োডিনের (I) যৌগ NaF, NaBr, NaI গঠনের প্রণালী একইভাবে বর্ণনা করা যায়।

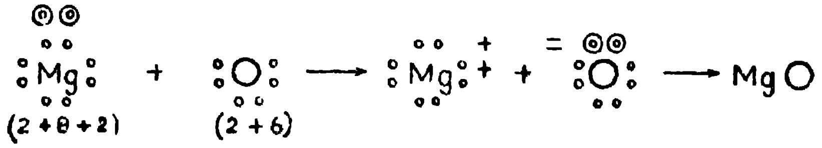
NaF যৌগ :

$$\underset{(2+8+1)}{Na} - e \rightarrow \underset{(2+8)}{Na} \ \Big| \ \underset{(2+7)}{F} + e \rightarrow \underset{(2+8)}{F^-}$$
$$Na^+ + F^- \rightleftharpoons NaF$$

তড়িৎ-যোজ্যতা অনুযায়ী যৌগ গঠনের ক্ষেত্রে একটি পরমাণু যে ইলেকট্রন বর্জন করে অপর পরমাণু সেই ইলেকট্রন গ্রহণ করে, অর্থাৎ **গৃহীত ইলেকট্রনের সংখ্যা বর্জিত ইলেকট্রনের সমান**।

তড়িৎ-যোজ্যতা অবলম্বনে কিভাবে MgO, $CaCl_2$, Na_2S, CaS, Na_2O এবং Al_2O_3 যৌগ গঠিত হয় তাহার কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হইল :

(ii) MgO (ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড)

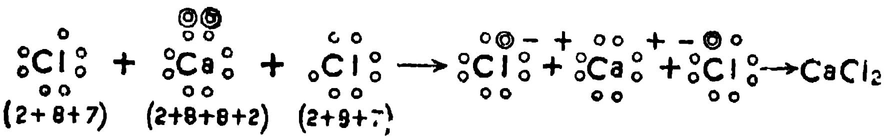


$$Mg - 2e \rightarrow Mg^{++} ,\ O + 2e \rightarrow O^=$$
$$Mg^{++} + O^= \rightleftharpoons Mg^{++}O^=$$

তড়িৎ-যোজ্যতা অনুযায়ী MgO-এর গঠন

CaO, ZnO ইত্যাদি যৌগ একই ভাবে চিত্রিত করা যায়

(iii) $CaCl_2$ (ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড)

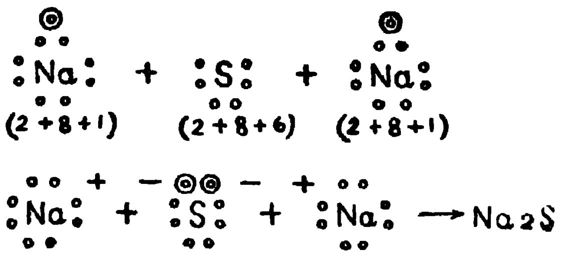


$$Ca - 2e \rightarrow Ca^{++} ,\ 2Cl + 2e \rightarrow 2Cl^-$$
$$Ca^{++} + 2Cl^- \rightleftharpoons Ca^{++}Cl_2^-$$

$CaCl_2$ যৌগের তড়িৎ-যোজী গঠন

$MgCl_2$, $ZnCl_2$ ইত্যাদি যৌগ একইভাবে চিত্রিত করা যায়।

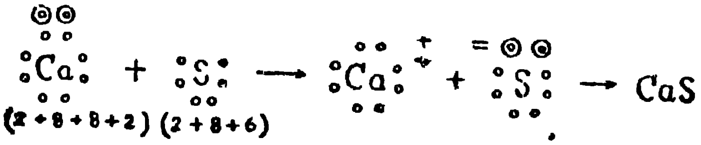
(iv) Na_2S (সোডিয়াম সালাফাইড)



$2Na-2e\rightarrow 2Na^+$; $S+2e\rightarrow S^=$ $2Na^++S^=\rightleftharpoons Na_2^+S^=$

Na_2S যৌগের তড়িৎ-যোজী গঠন

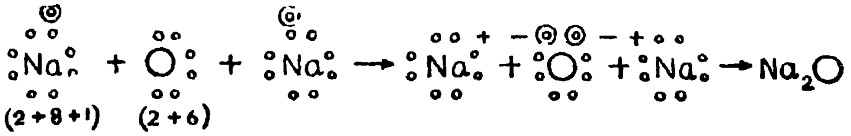
(v) CaS (ক্যালসিয়াম সালফাইড)



$Ca+2e\rightarrow Ca^{++}$, $S+2e\rightarrow S^=$ $Ca^{++}+S^=\rightleftharpoons Ca^{++}S^=$

CaS যৌগের তড়িৎ-যোজী গঠন

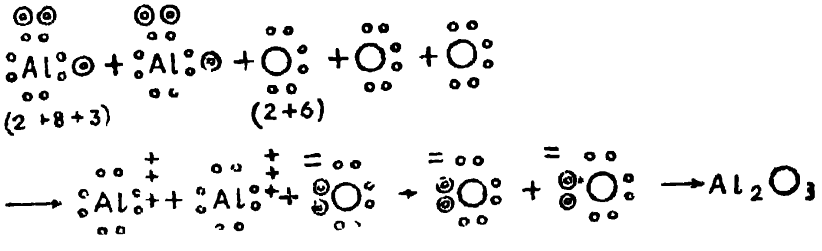
(vi) Na_2O (সোডিয়াম ক্লোরাইড)



$2Na-2e\rightarrow 2Na^+$, $O+2e\rightarrow O^=$ $2Na^++O^=\rightleftharpoons Na_2^+O^=$

Na_2O যৌগেব তড়িৎ-যোজী গঠন

(vii) Al_2O_3 (অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড)



$2Al-6e\rightarrow 2Al^{+++}$, $3O+6e\rightarrow 3O^=$

$2Al^{+++}+3O^=\rightleftharpoons Al_2^{+++}O_3^=$

Al_2O_3 যৌগেব তড়িৎ-যোজী গঠন

তড়িদবিশ্লেষ্য যৌগগুলি (Electrolytes) প্রধানত তড়িৎ-যোজ্যতা অনুযায়ী গঠিত। ইহারা জলে দ্রবীভূত বা বিগলিত অবস্থায় আয়ন গঠন করে। ইহারা সাধারণ জৈবিক দ্রবণে (বেঞ্জিন) দ্রবীভূত হয় না।

সমযোজ্যতা ও সমযোজী যৌগ

(Co-valency and Co-valent Compound)

সম-যোজ্যতা (Co-valency) : কোন কোন যৌগ গঠনের ক্ষেত্রে সংযোগী পরমাণুগুলি দুইটি ইলেকট্রন দ্বারা গঠিত এক বা একাধিক ইলেকট্রন জোড়কে পরস্পরে একই যোজকরূপে (bond) সমভাবে ব্যবহার করিয়া বাইরের খোলে আটটি ইলেকট্রন সংখ্যা পূর্ণ করিয়া যৌগ গঠন করে। এরূপ এক বা একাধিক জোড় (pair) ইলেকট্রন (:) সমভাবে যোজকরূপে (bond) ব্যবহার করিয়া যৌগ গঠনের পদ্ধতিকে বলা হয় সম-যোজ্যতা বা কো-ভ্যালেন্সী এবং এরূপ যৌগকে বলা হয় সমযোজী বা কো-ভ্যালেণ্ট যৌগ (Co-valent or Homo-polar compound)।

একমাত্র হাইড্রোজেন পরমাণুর ক্ষেত্রে বাইরের খোলে ইলেকট্রন সংখ্যা পূর্ণ হয় দুইটি ইলেকট্রন দ্বারা। এরূপ ইলেকট্রন জোড়ের একটি ইলেক্ট্রন দান করে একটি হাইড্রোজেন পরমাণু এবং দ্বিতীয়টি দান করে অপর হাইড্রোজেন পরমাণু।

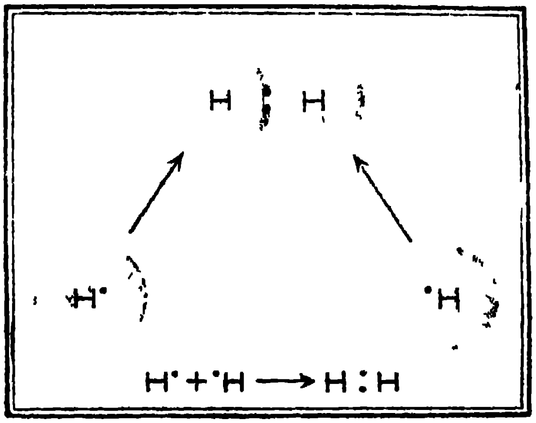
সমযোজী যৌগের ক্ষেত্রে পরমাণুর যোজ্যতা নির্ধারিত হয় ইলেকট্রন জোড়ের সংখ্যা দ্বারা। যে পরমাণু এক জোড় ইলেকট্রন ব্যবহার করে তাহার যোজ্যতা এক, দুই জোড় ইলেকট্রন ব্যবহার করিলে তাহার যোজ্যতা দুই, তিন জোড় ব্যবহারে তিন ইত্যাদি।

ইলেক্ট্রন জোড়ের যোজন বা বন্ধন-ভঙ্গীকে বলা হয় সমযোজী যোজক বা কো-ভ্যালেণ্ট বণ্ড (Co-valent or homo-polar bond)। হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, ফ্লোরিন, ক্লোরিন ইত্যাদি অধাতু জাতীয় মৌলের অণুগুলি (H_2, O_2, Cl_2) এবং সাধারণত জৈবিক পদার্থের যৌগগুলি সমযোজী বা কো-ভ্যালেণ্ট যৌগ।

সমযোজী মৌলের অণু গঠনের (Elementary molecule) কয়েকটি উদাহরণ :

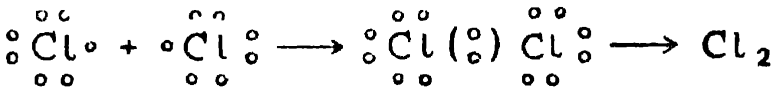
(1) হাইড্রোজেনের পরমাণুর বাইরের খোলে থাকে একটি ইলেকট্রন, আরেকটি পরমাণু হইলেই বাইরের খোলে দুইটি সংখ্যা পূর্ণ হয়। তাই, দুইটি

হাইড্রোজেন পরস্পরের ইলেকট্রন সমভাবে ব্যবহার করিয়া হাইড্রোজেন



হাইড্রোজেন অণু গঠন , হাইড্রোজেনের যোজ্যতা—1

অণু (H_2) গঠন করে। ক্লোরিন (Cl_2) পরমাণুও অনুরূপভাবে (Cl_2) অণু গঠন করে। যথা :

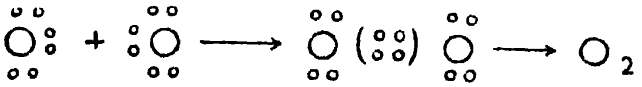


$${}^{\circ}_{\circ}\overset{\circ\circ}{\underset{\circ\circ}{Cl}}{}^{\circ} + {}^{\circ}\overset{\circ\circ}{\underset{\circ\circ}{Cl}}{}^{\circ}_{\circ} \longrightarrow {}^{\circ}_{\circ}\overset{\circ\circ}{\underset{\circ\circ}{Cl}}\,({}^{\circ}_{\circ})\,\overset{\circ\circ}{\underset{\circ\circ}{Cl}}{}^{\circ}_{\circ} \longrightarrow Cl_2$$

ক্লোরিন-অণু গঠন , ক্লোরিনের যোজ্যতা— 1

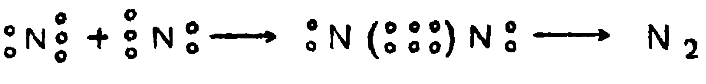
ফ্লোরিন (F_2), ব্রোমিন (Br_2) ও আয়োডিন (I_2) অণুগুলিও এইভাবে গঠিত হয়।

(ii) একাধিক ইলেকট্রন জোড় তথা যোজক ব্যবহারে যৌগ গঠন :



$$\overset{\circ\circ}{\underset{\circ\circ}{O}}{}^{\circ}_{\circ} + {}^{\circ}_{\circ}\overset{\circ\circ}{\underset{\circ\circ}{O}} \longrightarrow \overset{\circ\circ}{\underset{\circ\circ}{O}}\,({}^{\circ\circ}_{\circ\circ})\,\overset{\circ\circ}{\underset{\circ\circ}{O}} \longrightarrow O_2$$

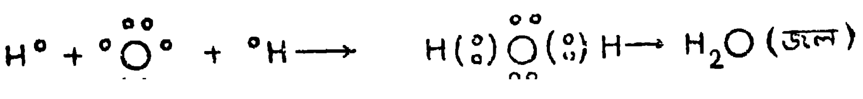
অক্সিজেন অণু গঠন ; অক্সিজেনের যোজ্যতা—2



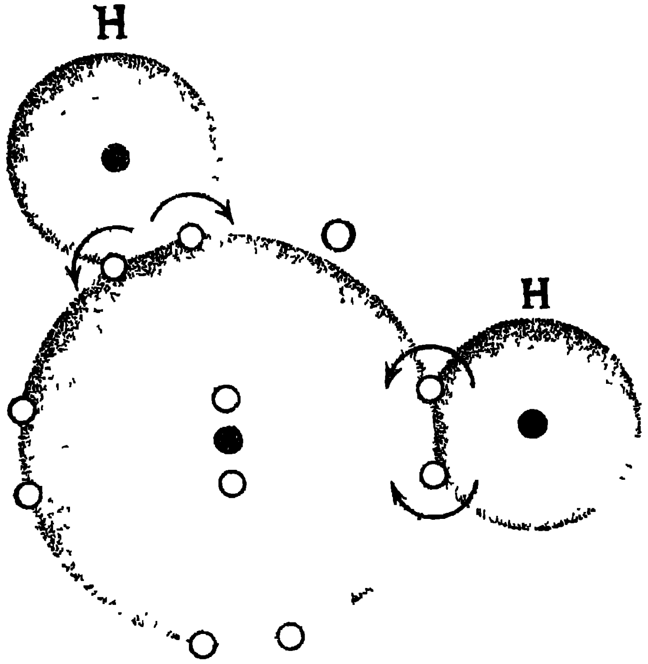
$${}^{\circ}_{\circ}N\overset{\circ}{{}^{\circ}_{\circ}} + \overset{\circ}{{}^{\circ}_{\circ}}N{}^{\circ}_{\circ} \longrightarrow {}^{\circ}_{\circ}N\,({}^{\circ}_{\circ}{}^{\circ}_{\circ}{}^{\circ}_{\circ})\,N{}^{\circ}_{\circ} \longrightarrow N_2$$

নাইট্রোজেন অণু গঠন , নাইট্রোজেনের যোজ্যতা—3

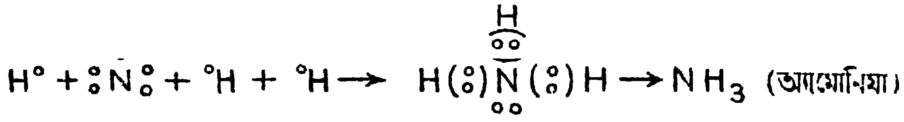
(iii) যৌগ অণু গঠন (Compound molecule) :



$H^{\circ} + {}^{\circ}\overset{\circ\circ}{O}{}^{\circ} + {}^{\circ}H \longrightarrow H({}^{\circ}_{\circ})\overset{\circ\circ}{\underset{\circ\circ}{O}}({}^{\circ}_{\circ})H \longrightarrow H_2O$ (জল)



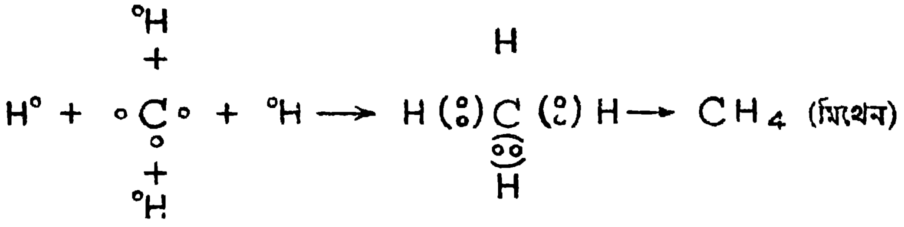
জল-অণু গঠন , যোজ্যতা : H-এর 1, O-এর 2



$$H^{\circ} + \overset{\circ}{\underset{\circ}{}}N\overset{\circ}{\underset{\circ}{}} + {}^{\circ}H + {}^{\circ}H \longrightarrow H(\overset{\circ}{\underset{\circ}{}})\overset{\overset{H}{\overset{\frown}{\circ\circ}}}{\underset{\circ\circ}{\overline{N}}}(\overset{\circ}{\underset{\circ}{}})H \longrightarrow NH_3$$

(অ্যামোনিয়া)

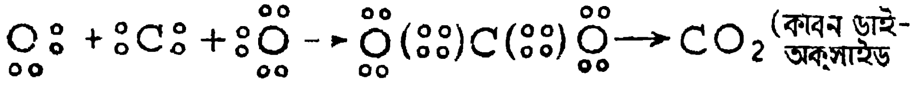
অ্যামোনিয়া অণু গঠন , যোজ্যতা : H-এর 1, N-এর 3



$$H^{\circ} + \overset{\overset{{}^{\circ}H}{+}}{\underset{\underset{{}^{\circ}H}{+}}{{\circ}\underset{\circ}{C}{\circ}}} + {}^{\circ}H \longrightarrow H(\overset{\circ}{\underset{\circ}{}})\overset{H}{\underset{\underset{H}{\overset{\circ\circ}{\smile}}}{C}}(\overset{\circ}{\underset{\circ}{}})H \longrightarrow CH_4$$

(মিথেন)

মিথেন অণু গঠন , যোজ্যতা : H-এর 1, C-এর 4



$$\underset{\circ\circ}{O}\overset{\circ}{\underset{\circ}{}} + \overset{\circ}{\underset{\circ}{}}C\overset{\circ}{\underset{\circ}{}} + \overset{\circ}{\underset{\circ}{}}\overset{\circ\circ}{\underset{\circ\circ}{O}} \dashrightarrow \overset{\circ\circ}{\underset{\circ\circ}{O}}(\overset{\circ\circ}{\underset{\circ\circ}{}})C(\overset{\circ\circ}{\underset{\circ\circ}{}})\overset{\circ\circ}{\underset{\circ\circ}{O}} \longrightarrow CO_2$$

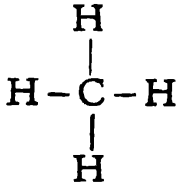
(কার্বন ডাই-অক্সাইড

কার্বন-ডাই-অক্সাইড অণু গঠন , যোজ্যতা : O-এর 2 , C-এর 4

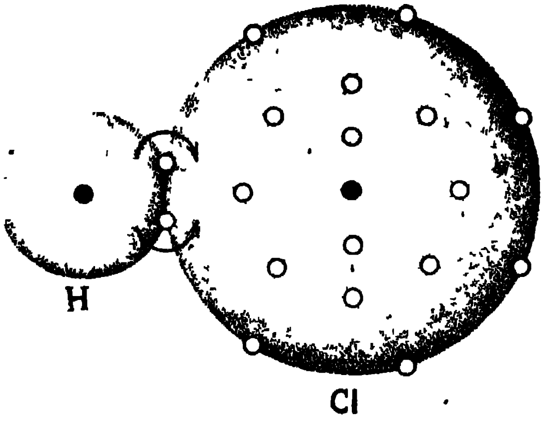
যদি ইলেকট্রন জোড়ের (:) প্রতীকচিহ্ন রূপে একটি রেখা (—) ব্যবহার করা হয় তাহা হইলে সমযোজী অণুর গঠনের পদ্ধতি লেখা যায় এইভাবে :

$H-H \rightarrow H_2$, $O=O \rightarrow O_2$ $N \equiv N \rightarrow N_2$

$H-Cl \rightarrow HCl$, $H-O-H \rightarrow H_2O$, $O=C=O \rightarrow CO_2$



$$H-\overset{\displaystyle H \atop |}{\underset{\displaystyle | \atop H}{C}}-H \longrightarrow CH_4 \; ; \; H-C \equiv C-H \rightarrow C_2H_2$$ (অ্যাসিটিলিন)



হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl) যৌগ

ইলেকট্রো পজেটিভ বা ধাতব পরমাণুগুলি নিষ্ক্রিয় মৌলের আকৃতি লাভ করিয়া সুস্থিরতা অর্জনের প্রয়াসে ইলেকট্রন বর্জন করে। পক্ষান্তরে ইলেকট্রো-নেগেটিভ বা অধাতব মৌলগুলি অনুরূপ সুস্থিরতা অর্জনের জন্য ইলেকট্রন গ্রহণ করে। সুতরাং সাধারণত নেগেটিভধর্মী পরমাণুরা পরস্পরের মধ্যে ইলেকট্রন জোড় ব্যবহার করিয়া সমযোজী বা কো-ভ্যালেন্ট যৌগ গঠন করে।

অসম যোজ্যতা

(Co-ordinate valency)

সমযোজী যৌগে ইলেকট্রন জোড়ের একটি ইলেকট্রন একটি পরমাণু এবং অপর ইলেকট্রন দ্বিতীয় পরমাণু দান করে। যথা :

$$A^{\circ} + {}^{\times}B \rightarrow A \overset{\circ}{\times} B$$ (সমযোজী যৌগ) , অথবা → $A-B$

এরূপ AB যৌগে A এবং B একটি করিয়া ইলেকট্রন দান করে। A-এর ইলেকট্রনের চিহ্ন (০) এবং B-এর চিহ্ন (×) ,

অনেক যৌগ, বিশেষ করিয়া মূলক বা র‍্যাডিক্যালে সংযোগে গঠিত যৌগগুলি সমযোজী যৌগের ন্যায় ইলেকট্রন জোড়ের বন্ধনে গঠিত হইতে দেখা যায় বটে কিন্তু এরূপ বিশেষ ধরনের যৌগে ইলেকট্রন জোড়ের দুইটি ইলেকট্রনই একটিমাত্র

পরমাণু দান করে। এরূপ যোজ্যতাকে বলা হয় অসম যোজ্যতা বা কো-অর্ডিনেট ভ্যালেন্সী।

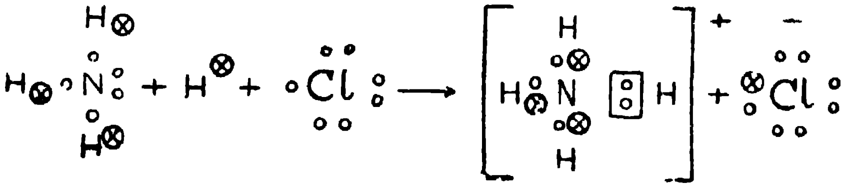
অসম যোজ্যতা বা কো-অর্ডিনেট ভ্যালেন্সী (Co-ordinate valency): যোগ গঠনের সময় যে ইলেকট্রন জোড় যোজকের কাজ করে সেই ইলেকট্রন দুইটি যদি একটি মাত্র পরমাণু দান করে এবং অপর পরমাণু বা আয়ন নিজে কোন ইলেকট্রন দান না করিয়া শুধু যদি অপরের ইলেকট্রনদ্বয় যোজক রূপে ব্যবহার করে তবে সেই যোজনপদ্ধতিকে বলা হয় অসম যোজ্যতা বা কো-অর্ডিনেট ভ্যালেন্সী।

মনে কর, AB একটি অসম যোজী বা কো-অর্ডিনেট যৌগ। এরূপ যৌগে যোজকের ইলেকট্রন জোড়ের দুটি ইলেকট্রনই একটি মাত্র পরমাণু হইতে পাওয়া যায়। যথা:

$A+B=A:B$ (অসম যোজী); অথবা $A \rightarrow B$ বা $A^{+}-B^{-}$ এরূপ AB যৌগের যোজকের দুইটি ইলেকট্রনই A পরমাণু দান করে। অসম যোজকের প্রতীক চিহ্ন → এবং এরূপ যৌগে যে পরমাণু হইতে দুইটি ইলেকট্রন পাওয়া যায় তার মধ্যে পজেটিভ তড়িৎধর্ম এবং যে পরমাণু ইলেকট্রন জোড়টিকে ব্যবহার করে তার মধ্যে নেগেটিভ তড়িৎধর্ম প্রকাশ পায়।

কয়েকটি উদাহরণ:

(1) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড গঠন:



$\longrightarrow NH_4Cl$ (অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড)

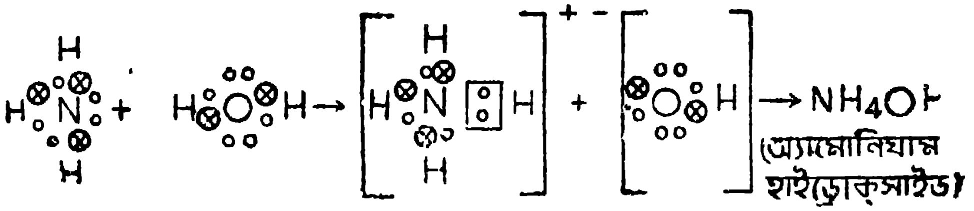
অ্যামোনিয়াম মূলক (NH_4) গঠনে অ্যামোনিয়ার নাইট্রোজেন পরমাণু একাই এক জোড় ইলেকট্রন (electron pair) দান করে এবং হাইড্রোজেন আয়ন এই ইলেকট্রন জোড় গ্রহণ বা ব্যবহার করে। ইহার ফলে অ্যামোনিয়াম মূলক (NH_4) গঠিত হয়। এই অ্যামোনিয়াম মূলকে (NH_4^+) পজেটিভ তড়িদ্ধর্ম প্রকাশ পায় এবং ইহা নেগেটিভ তড়িদ্ধর্মী ক্লোরাইড

আয়নের (Cl^-) সঙ্গে স্থির-তড়িতাকর্ষণে (electrostatic force) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড যৌগ গঠন করে। সাংকেতিক চিহ্নে ইহা লেখা যায় :

$$NH_3 \rightarrow H \text{ বা } NH_4^+ ,\ NH_4^+ + Cl^- \rightleftharpoons NH_4^+Cl^-$$

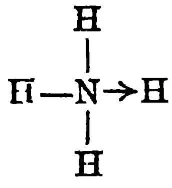
সুতরাং দেখা যায় অ্যামোনিয়াম মূলক গঠিত হয় অসম যোজ্যতার ভিত্তিতে কিন্তু অ্যামোনিয়াম আয়ন ও ক্লোরাইড আয়নের সংযোগ তড়িৎ যোজ্যতার ভিত্তিতে গঠিত হয় অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড যৌগ।

(ii) অ্যামোনিয়াম হাইড্রকসাইড গঠন :



অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড অণু গঠন

অ্যামোনিয়াম হাইড্রকসাইড যৌগে অ্যামোনিয়া যৌগের দুইটি ইলেকট্রন নাইট্রোজেন দান করে এবং হাইড্রোজেন তাহা গ্রহণ করিয়া অ্যামোনিয়াম মূলক (NH_4) গঠন করে। অ্যামোনিয়াম আয়ন (NH_4^+) অসম যোজ্য যৌগ এবং ইহা হাইড্রকসিল মূলকের (OH^-) সঙ্গে তড়িৎ-যোজ্যতা অনুযায়ী অ্যামোনিয়াম হাইড্রকসাইড যৌগ (NH_4OH) গঠন করে। সংকেত চিহ্ন অনুযায়ী :



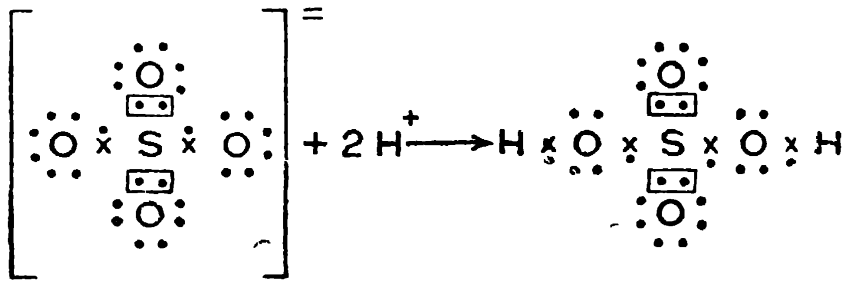
$$H-\overset{\overset{\displaystyle H}{|}}{\underset{\underset{\displaystyle H}{|}}{N}}\rightarrow H \text{ বা } NH_4^+ \text{ (আয়ন) এবং } -O-H \text{ বা } OH^- \text{ (আয়ন)}$$

$$NH_4^+ + OH^- \rightleftharpoons NH_4OH \text{ (অ্যামোনিয়াম হাইড্রোকসাইড)}$$

(iii) সালফিউরিক অ্যাসিড গঠন :

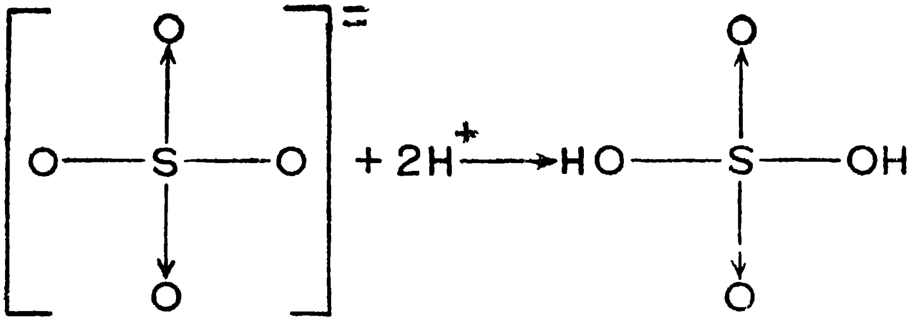
সালফিউরিক অ্যাসিডে দুইটি অক্সিজেন পরমাণু সালফারের ($S^=$) সঙ্গে অসম যোজ্যতার বন্ধনে গঠিত হইয়া সালফেট আয়ন ($SO_4^=$) গঠন করে। এই সালফেট আয়ন দুইটি হাইড্রোজেন আয়নের (H^+) সঙ্গে যুক্ত হইয়া সালফিউরিক

অ্যাসিড (H_2SO_4), অথবা দুইটি সোডিয়াম আয়নের (Na^+) সঙ্গে যুক্ত হইয়া সোডিয়াম সালফেট (Na_2SO_4) যৌগ গঠন করে। যথা:



সালফেট আয়ন সালফিউরিক অ্যাসিড

সংকেত চিহ্ন অনুযায়ী [অসম যোজ্যতা → ; সম যোজ্যতা –]



সালফেট আয়ন সালফিউরিক অ্যাসিড

বিভিন্ন যৌগের আয়ন গঠনের ক্ষমতা

[Electrolytes and non-electrolytes]

বিভিন্ন যৌগ গঠিত হয় তড়িৎ-যোজ্যতা, সমযোজ্যতা বা অসমযোজ্যতায় অর্থাৎ ইলেকট্রো-ভ্যালেন্সী, কো-ভ্যালেন্সী বা কো-অর্ডিনেট ভ্যালেন্সী অনুযায়ী। ইহার মধ্যে তড়িৎ-যোজ্যতা অনুযায়ী গঠিত যৌগ অর্থাৎ ইলেকট্রো-ভ্যালেন্ট যৌগ জলীয় দ্রবণে বা বিগলিত অবস্থায় বিশ্লিষ্ট হইয়া আয়ন গঠন করিতে পারে। যথা: $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$, $CaS \rightleftharpoons Ca^{++} + S^=$

নিম্নরূপ যৌগও আয়ন গঠন করিতে পারে। যথা:

$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_4^+ + Cl^-$ $Na_2SO_4 \rightleftharpoons 2Na^+ + SO_4^=$

HCl, H_2O ইত্যাদি কয়েকটি বিশিষ্ট যৌগ ব্যতীত অন্যান্য সম-যোজী অর্থাৎ কো-ভ্যালেন্ট যৌগ সাধারণত আয়ন গঠন করিতে পারে না। তাই,

CO_2, NH_3, CH_4, ইত্যাদি যৌগ আয়ন গঠনে অক্ষম। জৈব যৌগ সাধারণত কো-ভ্যালেন্ট পদ্ধতিতে গঠিত। তাই, জৈব যৌগ সাধারণত আয়ন গঠন করে না।

অজৈব লবণ, যথা, $NaCl$, KNO_3, $Al_2(SO_4)_3$ ইত্যাদি যৌগ ইলেক্ট্রোভ্যালেন্ট বা কো-অর্ডিনেট ভ্যালেন্ট পদ্ধতিতে গঠিত বলিয়া জলীয় দ্রবণে আয়ন গঠনে সক্ষম কিন্তু জৈব যৌগ মুখ্যত কো-ভ্যালেন্ট পদ্ধতিতে গঠিত বলিয়া সাধারণত আয়ন গঠনে সক্ষম নয় এবং জলে অদ্রবণীয়।

যে সকল যৌগ ইলেকট্রোলাইট বা বিশ্লেষ্য একমাত্র সেগুলি আয়ন গঠনে সক্ষম।

তড়িৎযোজী বা ইলেকট্রোভ্যালেন্ট যৌগের বৈশিষ্ট্য (Characteristics of Electro-valent compound): (i) দ্রবীভূত বা বিগলিত অবস্থায় ইহারা আয়নরূপে বিয়োজিত হয় বলিয়া ইলেকট্রোলাইট রূপে তড়িৎ-পরিবহণে সক্ষম, (ii) এরূপ যৌগ জলে দ্রবণীয়, কিন্তু জৈব তরলে অদ্রবণীয় (ii) ইহাদের গলনাংক বা স্ফুটনাংক উচ্চতর হয় এবং (iii) ইহারা সমাকৃতি যৌগ বা আইসোমার (isomer) গঠনে অক্ষম।

সমযোজী বা কো-ভ্যালেন্ট যৌগের বৈশিষ্ট্য (Characteristics of co-valent compound): (i) এরূপ যৌগ জলে অদ্রবণীয়, কিন্তু জৈব তরলে দ্রবণীয়, (ii) ইহাদের স্ফুটনাংক বা গলনাংক কম হয়, (iii) ইহারা সাধারণত তড়িৎ-বিয়োজনে অক্ষম বলিয়া আয়ন গঠনে এবং তড়িৎ-পরিবহণে অক্ষম এবং (iv) ইহারা সমাকৃতি যৌগ বা আইসোমার গঠনে সক্ষম।

Questions to be discussed

1. How would you explain the causes of valency in terms of electron? Why inert elements are incapable of forming compound? Valency of chlorine may be 1 or 7,—given reasons.

2. Define and illustrate Electro-valency and Co-valency. What type of compounds form ions?

3. Explain with structure the nature of the following compounds. Which of these compounds can ionize?

CO_2, $NaCl$, O_2, CaO

4. What are electro-valent, co-valent and co-ordinate bond ? How sodium chloride, oxygen and ammonium chloride are formed according to different types of valencies ? [At. No. of Na=11, Cl=17, H=1, O=8, N=7.]

5. What is the difference between co-valent and electro-valent bond ? Give two examples in each case.

6. Explain electro-valent, co-valent and co-ordinate valencies from the standpoint of atomic structure. Give electronic structures of methane, ammonia and ammonium chloride.

7. Write short notes on protons, electrons and neutrons. Give the electronic explanation of the formation of the molecules of sodium flouride and flourine. Mention the type of valency exhibited in each case.

[*Atomic number* , Na=*11* , F=*9*] [*H. S. Exam. 1961*]

8. Give a brief account of the structure of atoms. State and illustrate what you understand by 'electrovalency' and 'Co-valency.' [*H. S. Exam.* (*comp.*) *1961*]

9. Write short notes on :—

(a) Protons, electrons and neutrons. (b) Radio-activity. (c) Isotopes. *H S. Exam.* (*comp.*) *1963*]

10. Write short notes on :—

Isomerism, Electrovalency and Covalency.

[*H. S. Exam.* (*comp*) *1964*]

৭

জারণ ও বিজারণ তথা অক্সিডেশন ও রিডাকশন

(Oxidation and Reduction)

জ্বালানী দ্রব্যের দহন, লোহার উপরে জল-বায়ুর সংযোগে মরিচা পড়া, নিঃশ্বাসের বায়ুর সাহায্যে খাদ্য হইতে সংগৃহীত কার্বন যৌগের কার্বন ডাইঅক্সাইডের রূপান্তর এবং বিভিন্ন কীটাণুর ক্রিয়ায় জৈব পদার্থের পচনশীলতা—এই সব ঘটনাই প্রাকৃতিক জারণ ক্রিয়া বা অক্সিডেশনের নিদর্শন। ধাতুর অক্সাইড হইতে যথা লোহার অক্সাইড হইতে কোক বা অঙ্গার অথবা কার্বন মনোক্সাইডের সাহায্যে ধাতু তথা লোহা উৎপাদনের প্রক্রিয়া বিজারণের নিদর্শন।

জারণ ও বিজারণের সাধারণ সংজ্ঞা

(General definition of oxidation and reduction)

জারণ (Oxidation)	**বিজারণ** (Reduction)
অক্সিডেশন বা জারণ ক্রিয়ার (Oxidation) সাধারণ সংজ্ঞা বর্ণনা করিয়া বলা যায় যে জারণের অর্থ :	রিডাকশন বা বিজারণ ক্রিয়ার (Reduction) সাধারণ সংজ্ঞা বর্ণনা করিয়া অনুরূপভাবে বলা যায় যে বিজারণের অর্থ :
(i) অক্সিজেন সংযোজন, যথা : $C+O_2=CO_2$	(i) অক্সিজেন বিয়োজন, যথা : $CuO+H_2=Cu+H_2O$
(ii) হাইড্রোজেন বিয়োজন, যথা : $4HCl+MnO_2=Cl_2+MnCl_2+2H_2O$	(ii) হাইড্রোজেন সংযোজন, যথা : $Cl_2+H_2S=2HCl+S$

জারণ (Oxidation)	**বিজারণ** (Reduction)
(iii) ইলেকট্রো-নেগেটিভ অর্থাৎ অধাতব পরমাণু বা মূলকের সংযোজন বা পরিমাণ বৃদ্ধি, যথা : $2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3$ $2FeSO_4 + H_2SO_4 + H_2O_2$ $= Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$	(ii) ইলেকট্রো-নেগেটিভ অর্থাৎ অধাতব পরমাণু বা মূলকের অপসারণ বা পরিমাণ হ্রাস। যথা : $AlCl_3 + 3Na = Al + 3NaCl$, $Fe_2(SO_4)_3 + 2H$ (জায়মান) $= 2FeSO_4 + H_2SO_4$
(iv) ইলেক্‌ট্রো-পজেটিভ অর্থাৎ ধাতব পরমাণুর বা মূলকের অপসারণ বা পরিমাণ হ্রাস। যথা : $2KI + H_2O_2 = I_2 + 2KOH$ উল্লিখিত জারণ-বিক্রিয়াগুলিতে C, HCl, $FeCl_2$, $FeSO_4$ এবং KI জারিত বা অক্‌সিডাইজড হয়।	(iv) ইলেকট্রো-পজেটিভ অর্থাৎ ধাতব পরমাণু বা মূলকের সংযোজন বা পরিমাণ বৃদ্ধি। যথা : $HgCl_2 + Hg = Hg_2Cl_2$ উল্লিখিত বিজারণ বিক্রিয়াগুলিতে CuO, Cl_2, $AlCl_3$, $Fe_2(SO_4)_3$, $HgCl_2$ বিজারিত হয়।

উপরের বিক্রিয়াগুলি অনুধাবন করিয়া তুলনা করিলে দেখা যায় যে অক্‌সিডেশন বা জারণের বিপরীত বিক্রিয়ার অর্থ বিজারণ বা রিডাকশন তথা বিজারণের বিপরীত বিক্রিয়ার অর্থ জারণ।

উপরের জারণ ও বিজারণ তথা অক্‌সিডেশন ও রিডাকশন বিক্রিয়াগুলি পর্যালোচনা করিলে দেখা যায় যে জারণ বা অক্‌সিডেশন বিক্রিয়া সম্পাদনের জন্য জারক দ্রব্যের প্রয়োজন। উপরের জারণ বিক্রিয়াগুলির পর্যবেক্ষণে পরিলক্ষিত হয় যে অক্‌সিজেন (O_2), ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্‌সাইড (MnO_2), ক্লোরিন (Cl_2) এবং হাইড্রোজেন পারক্সাইড (H_2O_2) **জারক দ্রব্যের** (oxidising agent) কাজ করে। এই বিক্রিয়াগুলির প্রকৃতি লক্ষ্য করিলে আরও দেখা যায় যে জারক দ্রব্যগুলি অন্য মৌল বা যৌগকে জারণ-ক্রিয়া সম্পাদনে সাহায্য করে বটে কিন্তু নিজেরা বিজারিত হইয়া যায়। উল্লিখিত বিক্রিয়ায় অক্‌সিজেন অতি-স্বল্প নেগেটিভ ধর্মী কার্বনের সংযোগে কার্বন ডাই-অক্‌সাইডরূপে (CO_2), ম্যাঙ্গনীজ ডাই-অক্‌সাইড উচ্চ নেগেটিভ ধর্মী

অক্সিজেন ত্যাগ করিয়া ($MnCl_2$), ক্লোরিন পজেটিভ ধর্মী আয়নের সঙ্গে যুক্ত হইয়া ($FeCl_3$) এবং হাইড্রোজেন পারক্সাইড অক্সিজেন পরিত্যাগ করিয়া জলে (H_2O) পরিণত হইয়া বিজারিত (reduced) হয়।

পক্ষান্তরে বিজারণ বা রিডাকশন বিক্রিয়ার জন্য বিজারক দ্রব্যের প্রয়োজন। উল্লিখিত বিজারণ বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন (H_2), হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S), সোডিয়াম ধাতু (Na), এবং মার্কারী (Hg) **বিজারক দ্রব্যরূপে** (Reducing agent)) ব্যবহৃত হয়। এরূপ বিজারক দ্রব্যের অভাবে বিজারণ ক্রিয়া সম্পন্ন করা সম্ভব নয়। এরূপ বিজারণ ক্রিয়ায় বিজারক দ্রব্যগুলি জারিত (oxidised) হইয়া যায়। উপরের বিক্রিয়ায় বিজারক দ্রব্য হাইড্রোজেন (H_2) জলরূপে (H_2O), হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S) সালফাররূপে (S), ধাতব সোডিয়াম (Na) সোডিয়াম ক্লোরাইডরূপে (NaCl) এবং মার্কারী (Hg) মার্কিউরাস ক্লোরাইডরূপে (Hg_2Cl_2) জারিত বা অকসিডাইজড হইয়া যায়।

যুগপৎ জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়া (Simultaneous Oxidation and Reduction reaction): জারণ বিক্রিয়া বা অক্সিডেশনের জন্য একটি জারক দ্রব্যের প্রয়োজন এবং জারণ ক্রিয়ার ফলে এই জারক দ্রব্য বিজারিত হইয়া যায়। পক্ষান্তরে বিজারণ বিক্রিয়ার জন্য একটি বিজারক দ্রব্যের প্রয়োজন এবং এরূপ বিজারণ বিক্রিয়ার সময় বিজারক দ্রব্য নিজে জারিত হইয়া যায়। **জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়া পর্যালোচনা করিলে দেখা যায় জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়া একই সঙ্গে অর্থাৎ যুগপৎ অনুষ্ঠিত হয়। অন্যভাবে বলা যায় যে প্রতিটি জারণ বা বিজারণ বিক্রিয়ায় একটি পদার্থ জারকের কাজ করে এবং অপরটি বিজারকের কাজ করে।** উপরের পরীক্ষায় দেখা যায় অক্সিজেন জারক এবং কার্বন বিজারক দ্রব্য। এরূপ পরীক্ষায় অক্সিজেন বিজারিত হয়, কার্বন জারিত হয়। অনুরূপভাবে হাইড্রোজেন একটি বিজারক দ্রব্য এবং হাইড্রোজেনের তুলনায় কপার অক্সাইড (CuO) একটি জারক দ্রব্য। এই পরীক্ষায় হাইড্রোজেন জলরূপে (H_2O) জারিত হয় এবং কপার অক্সাইড কপার (Cu) রূপে বিজারিত হয়। উল্লিখিত প্রতিটি পরীক্ষা পর্যালোচনা করিলে দেখা যাইবে যে জারণ বা বিজারণের যে কোন পরীক্ষায় একই সঙ্গে একটি জারক এবং একটি বিজারক দ্রব্য বর্তমান থাকে এবং জারক দ্রব্য বিজারিত বা রিডিউসড্ হইয়া

যায় এবং বিজারক দ্রব্য জারিত বা অক্সিডাইজড্ হইয়া যায়। সুতরাং বলা যায়, জারণ বা বিজারণ বিক্রিয়ায় একই সঙ্গে অর্থাৎ যুগপৎ-ভাবে জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে।

জারক দ্রব্য (Oxidising agent or Oxidant): যে দ্রব্য অন্য পদার্থকে অক্সিজেন বা ইলেকট্রো-নেগেটিভ অধাতব মৌল বা মূলক সরবরাহ করে অথবা অন্য পদার্থ হইতে হাইড্রোজেন বা ইলেকট্রো-পজেটিভ ধাতব মৌল বা মূলক অপসারিত করে তাহাকে জারক দ্রব্য বা অক্সিডাইজিং এজেন্ট বা অক্সিডেন্ট বলা হয়। অক্সিজেন (O_2), ওজোন (O_3), হাইড্রোজেন পারক্সাইড (H_2O_2), হ্যালোজেন (F_2, Cl_2, Br_2, I_2,), ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3), ঘন ও উত্তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4), পটাসিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$), ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড (MnO_2) এবং অ্যাসিড দ্রবণে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) ও পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) ইত্যাদি কয়েকটি সুপরিচিত জারক দ্রব্য। জারক দ্রব্যের উল্লেখসহ এরূপ জারণ বিক্রিয়ার কয়েকটি সরল উদাহরণ:

অক্সিজেন: $\underset{\text{(বিজারক)}}{2Mg} + \underset{\text{(জারক)}}{O_2} = \underset{\text{(জারিত)}}{2MgO}$

হাইড্রোজেন পারক্সাইড: $\underset{\text{(বিজারক)}}{PbS} + \underset{\text{(জারক)}}{4H_2O_2} = \underset{\text{(জারিত)}}{PbSO_4} + \underset{\text{(বিজারিত)}}{4H_2O}$

হ্যালোজেন: $\underset{\text{(জারক)}}{I_2} + H_2O + \underset{\text{(বিজারক)}}{H_2SO_3} = \underset{\text{(বিজারিত)}}{2HI} + \underset{\text{(জারিত)}}{H_2SO_4}$

সালফিউরিক অ্যাসিড: $\underset{\text{(বিজারক)}}{C} + \underset{\text{(জারক)}}{2H_2SO_4} = 2H_2O + \underset{\text{(বিজারিত)}}{2SO_2} + \underset{\text{(জারিত)}}{CO_2}$

ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড: $\underset{\text{(জারক)}}{MnO_2} + \underset{\text{(বিজারক)}}{4HCl} = \underset{\text{(আংশিক বিজারিত)}}{MnCl_2} + 2H_2O + \underset{\text{(জারিত)}}{Cl_2}$

[পটাসিয়াম ক্লোরেট: $KClO_3 + 3SO_2 + 3H_2O = KCl + 3H_2SO_4$

পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট: $2KMnO_4 + 10FeSO_4 + 8H_2SO_4$
$= K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5Fe_2(SO_4)_3 + 8H_2O$

পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট: $K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 + 3H_2S$
$= K_4SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O + 3S$]

বিজারক দ্রব্য (Reducing agent or Reductant): যে দ্রব্য অন্য কোন পদার্থকে হাইড্রোজেন বা পজেটিভ-ধর্মী ধাতব মৌল

বা মূলক সরবরাহ করে অথবা অন্য পদার্থ হইতে অক্সিজেন বা ইলেকট্রো-নেগেটিভ-ধর্মী অধাতব মৌল বা মূলক অপসারিত করে তাহাকে বিজারক দ্রব্য বা রিডিউসিং এজেন্ট বা রিডাকটেন্ট বলা হয়।

কয়েটি সুপরিচিত বিজারক দ্রব্য : হাইড্রোজেন (H_2), কার্বন (C), কার্বন মনোকসাইড (CO), হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S), সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2), ধাতব মৌল (Na, Mg Al ইত্যাদি) হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড (HI), স্ট্যানাস ক্লোরাইড ($SnCl_2$) ইত্যাদি। বিজারক দ্রব্যের উল্লেখসহ কয়েকটি বিজারণ ক্রিয়ার সাধারণ উদাহরণ :

হাইড্রোজেন : $FeCl_3 + H$ (জায়মান) $= FeCl_2 + HCl$

(জারক) (বিজারক) (বিজারিত) (জারিত)

কার্বন : $ZnO + C + CO + Zn$

(জারক) (বিজারক) (জারিত) (বিজারিত)

কার্বন-মনোকসাইড : $Fe_2O_3 + 3CO = 2Fe + 3CO_2$

(জারক) (বিজারক) (বিজারিত) (জারিত)

সালফার ডাই অক্সাইড :

$$2FeCl_3 + 2H_2O + SO_2 = 2FeCl_2 + 2HCl + H_2SO_4$$

(জারক) (বিজারক) (বিজারিত) (জারিত)

ধাতব মৌল : $AlCl_3 + 3Na = Al + 3NaCl$

(জারক) (বিজারক) (বিজারিত) (জারিত)

$$Fe_2O_3 + 2Al = 2Fe + Al_2O_3$$

(জারক) (বিজারক) (বিজারিত) (জারিত)

হাইড্রো-আইয়োডিক অ্যাসিড : $2HI + H_2O_2 = 2H_2O + I_2$

(বিজারক) (জারক) (বিজারিত) (জারিত)

স্ট্যানাস ক্লোরাইড : $2FeCl_3 + SnCl_2 = 2FeCl_2 + SnCl_4$

(জারক) (বিজারক) (বিজারিত) (জারিত)

জারণ-বিজারণের ইলেকট্রনীয় সংজ্ঞা
(Electronic definition of Oxidation and Reduction)

জারণ ও বিজারণের অর্থ কি তাহা বিভিন্ন পরমাণুর বাইরের খোলে অবস্থিত ইলেকট্রনের ক্রিয়ায় সহজেই ব্যাখ্যা করা যায়। একথা আগেই

বলা হইয়াছে যে বিভিন্ন পবমাণুব বাইরের খোলে (shell) অবস্থিত ইলেকট্রনের পারস্পরিক আদান-প্রদানের ফলেই বিভিন্ন যৌগ গঠিত হয় এবং রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে। জাবণ ও বিজারণ ক্রিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়াব একটি বিশিষ্টরূপ মাত্র। সুতরাং জাবণ ও বিজারণ তথা অক্‌সিডেশন ও বিডাকশনের মূল কাবণও বিভিন্ন পরমাণুব বাইরেব খোলে অবস্থিত ইলেকট্রন আদান-প্রদানেব ক্রিয়া দ্বারা ব্যখ্যা করা যায়। জারণ ও বিজারণ ক্রিয়া সাধাবণভাবে ব্যাখ্যা কবাব জন্য কয়েকটি কাবণ নির্দেশ কবাব প্রয়োজন হয়। কিন্তু ইলেকট্রনীয় সংজ্ঞায় খুব সরলভাবে শুধু একটি মাত্র কাবণ নির্দেশ করিয়া বলা যায় যে, **জারণ বা অক্‌সিডেশনের অর্থ ইলেকট্রন বর্জন এবং বিজারণ বা রিডাকশনের অর্থ ইলেকট্রন গ্রহণ**। সমযোজী যৌগে অক্‌সিডেশনের অর্থ ইলেকট্রন জোডেব সাহায্যে সমযোজী যোজক গঠন এবং রিডাকশনেব অর্থ যোজকেব হ্রাস।

জারণ (Oxidation) : (ক) **যে-বিক্রিয়ায় কোন পরমাণু, অণু বা আয়ন ইলেকট্রন বর্জন করে সেই বিক্রিয়াকে বলা হয় জারণ বা অক্‌সিডেশন**, অর্থাৎ, **জারণ বা অক্‌সিডেশনের অর্থ ইলেকট্রন বর্জন।** জাবণ ক্রিয়াব কয়েকটি উদাহবণ নীচে দেওয়া হইল। ইলেকট্রনেব প্রতীক $= e$,

1. ধাতব মৌলেব পবমাণু ইলেকট্রন বর্জন করিয়া ক্যাটায়নে বা পজেটিভ আয়নে পবিণত হয়। যথা :

$$\underset{\text{আয়রন}}{\mathrm{Fe}} \quad - \quad \underset{\text{ইলেকট্রন}}{2e} \longrightarrow \underset{\text{ফেরাস আয়ন}}{\mathrm{Fe}^{++}}$$

$$\underset{\text{টিন পরমাণু}}{\mathrm{Sn}} \quad - \quad \underset{\text{ইলেকট্রন}}{2e} \longrightarrow \underset{\text{স্টেনাস আয়ন}}{\mathrm{Sn}^{++}}$$

$$\underset{\text{সোডিয়াম}}{\mathrm{Na}} \quad - \quad \underset{\text{ইলেকট্রন}}{e} \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম আয়ন}}{\mathrm{Na}^{+}}$$

2. নিম্নযোজী 'আস' আয়ন ইলেকট্রন বর্জন কবিয়া উচ্চযোজী 'ইক' আয়নে পবিণত হয়। যথা :

$$\underset{\text{ফেরাস আয়ন}}{\mathrm{Fe}^{++}} \quad - \quad e \longrightarrow \underset{\text{ফেরিক আয়ন}}{\mathrm{Fe}^{+++}}$$

$$\underset{\text{স্ট্যানাস আয়ন}}{\mathrm{Sn}^{++}} \quad - \quad 2e \longrightarrow \underset{\text{স্ট্যানিক আয়ন}}{\mathrm{Sn}^{++++}}$$

3. অ্যানায়ন বা নেগেটিভ আয়ন ইলেকট্রন বর্জন করিয়া অধাতব পরমাণুতে পরিণত হয়। যথা:

$Cl^- - e \longrightarrow Cl$ [$Cl + Cl \rightarrow Cl_2$]

ক্লোরাইড আয়ন ক্লোরিন পরমাণু

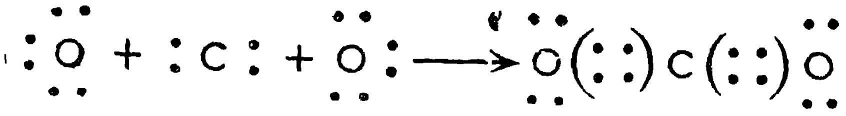
$S^{=} - 2e \longrightarrow S$

সালফাইড আয়ন সালফার পরমাণু

$O^{=} - 2e \longrightarrow O$ [$O + O \rightarrow O_2$]

অকসিজেন আয়ন অক্সিজেন পরমাণু

(খ) **দুইটি বিভিন্ন মৌল পরস্পরে সমযোজী বা কো-ভ্যালেন্ট যৌগ (CO_2, SO_2) গঠন করিবার সময় যে সমযোজী যোজক (bond) বা ইলেকট্রন জোড় গঠন করে তাহাও জারণ ক্রিয়া।** যথা:



ইলেকট্রন জোড়কে যদি '—' এরূপ চিহ্ন দ্বারা চিহ্নিত করা যায় তাহা হইলে এরূপ বিক্রিয়াটি লেখা যায়:

$$O+C+O \longrightarrow O=C=O \longrightarrow CO_2$$

$$O+S+O \longrightarrow O=S=O \longrightarrow SO_2$$

বিজারণ (Reduction): (ক) **যে বিক্রিয়ার কোন পরমাণু, অণু বা আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে সেই বিক্রিয়াকে বলা হয় বিজারণ বা রিডাকশন। অর্থাৎ, বিজারণের অর্থ ইলেকট্রন গ্রহণ।**

কয়েকটি উদাহরণ:

1. উচ্চতর যোজ্যতার ক্যাটায়ন বা পজেটিভ আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া নিম্নতর যোজ্যতার আয়নে পরিণত হয়। যথা:

$Fe^{+++} + e \longrightarrow Fe^{++}$

ফেরিক আয়ন ফেরাস আয়ন

$Sn^{++++} + 2e \longrightarrow Sn^{++}$

স্ট্যানিক আয়ন স্ট্যানাস আয়ন

2. পজেটিভ আয়ন বা ক্যাটায়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া পরমাণুতে পরিণত হয়। যথা :

$Fe^{++} + 2e \longrightarrow Fe$
ফেরাস আয়ন আয়রন পরমাণু

$Sn^{++} + 2e \longrightarrow Sn$
স্ট্যানাস আয়ন টিন পরমাণু

$Na^{+} + e \longrightarrow Na$
সোডিয়াম আয়ন সোডিয়াম পরমাণু

3 ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া অধাতব নেগেটিভ-ধর্মী অণু বা পরমাণু নেগেটিভ আয়নে পরিণত হয়।

$Cl_2 + 2e \longrightarrow 2Cl^-$
ক্লোরিন অণু ক্লোরাইড আয়ন

$S + 2e \longrightarrow S^=$
সালফার সালফাইড আয়ন

$O_2 + 4e \longrightarrow 2O^=$
অকসিজেন অণু অকসিজেন আয়ন

(খ) **বিভিন্ন মৌলে গঠিত কোন সমযোজী বা কো-ভ্যালেণ্ট যৌগের ইলেকট্রন-জোড় তথা সম-যোজী যোজক সংখ্যা যদি হ্রাস পায় তাহাও বিজারণ ক্রিয়া।** যথা :

$$O=C=O \longrightarrow C+O_2$$

জারক ও বিজারক দ্রব্য (Oxidising and Reducing agent) : **যে পরমাণু, অণু বা আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে তাহাকে বলা হয় জারক দ্রব্য বা অকসিডাইজিং এজেণ্ট বা অকসিডেণ্ট এবং যে পরমাণু, অণু বা আয়ন ইলেকট্রন দান করে তাহাকে বলা হয় বিজারক দ্রব্য বা রিডিউসিং এজেণ্ট বা রিডাকটেণ্ট।**

জারণ ও বিজারণ ক্রিয়ার যুগপৎ অনুষ্ঠান

(Oxidation-reduction takes place simultaneously)

1. জারণ ও বিজারণ তথা অক্সিডেশন ও রিডাকশন বিক্রিয়ার প্রকৃতি পর্যালোচনায় দেখা যায় :

জারণ ক্রিয়ার বিপরীত অর্থ বিজারণ এবং বিজারণের বিপরীত অর্থ জারণ।

অর্থাৎ, জারণ $\underset{+e}{\overset{-e}{\rightleftharpoons}}$ বিজারণ

2. জারণ ক্রিয়ায় যে ইলেক্‌ট্রন বর্জিত হয় তাহা গ্রহণ করার জন্য ইলেকট্রন গ্রহণকারী একটি জারক দ্রব্য বর্তমান থাকা প্রয়োজন এবং অনুরূপভাবে বিজারণ ক্রিয়ায় যে ইলেক্‌ট্রন গৃহীত হয় তাহা দান করার জন্য একটি ইলেক্‌ট্রন-দাতা বিজারক দ্রব্য বর্তমান থাকা প্রয়োজন।

3. জারণ ক্রিয়ায় জারক দ্রব্য ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া নিজে বিজারিত হইয়া যায় এবং অনুরূপভাবে বিজারণ ক্রিয়ায় বিজারক দ্রব্য ইলেকট্রন দান করিয়া নিজে জারিত হইয়া যায়। সুতরাং বলা যায়, জারণ ও বিজারণ ক্রিয়ার জন্য একই সঙ্গে জারক ও বিজারক দ্রব্য থাকা প্রয়োজন।

4 এরূপ জারণ ও বিজারণ তথা অক্‌সিডেশন বা রিডাকশন বিক্রিয়ায় যত সংখ্যক ইলেকট্রন বিজারক দ্রব্য বর্জন করে জারক দ্রব্য তত সংখ্যক ইলেকট্রন গ্রহণ করে। সুতরাং বলা যায় **জারণ ও বিজারণ ক্রিয়া একই সঙ্গে অর্থাৎ যুগপৎ** (simultaneously) **অনুষ্ঠিত হয়**।

কয়েকটি উদাহরণ :

(1) $2Na - 2e \rightarrow 2Na^+$: সোডিয়ামের জারণ
(বিজারক) (জারিত)

$Cl_2 + 2e \rightarrow 2Cl^-$: ক্লোরিনের বিজারণ
(জারক) (বিজারিত)

$$2Na + Cl_2 \longrightarrow 2Na^+Cl^-$$

এই বিক্রিয়ায় দুইটি সোডিয়াম পরমাণু দুইটি ইলেকট্রন বর্জন করিয়া সোডিয়াম আয়নরূপে (Na^+) জারিত হয় এবং ক্লোরিন অণু সেই ইলেক্‌ট্রন দুইটি গ্রহণ করিয়া ক্লোরাইড আয়ন ($2Cl^-$) রূপে বিজারিত হইয়া সোডিয়াম ও ক্লোরিনের পারস্পরিক বিক্রিয়ায় যুগপৎ জারণ-বিজারণ তথা অক্‌সিডেশন-রিডাকশন বিক্রিয়া সম্পন্ন করে। এরূপ বিক্রিয়ায় ক্লোরিন অণু (Cl_2) ইলেক্‌ট্রন গ্রহণ করে বলিয়া জারক দ্রব্য এবং ইলেক্‌ট্রন গ্রহণ করিয়া নিজে ক্লোরাইড আয়ন (Cl^-) রূপে বিজারিত হইয়া যায়। পক্ষান্তরে সোডিয়াম পরমাণু (Na) ইলেকট্রন বর্জন করে বলিয়া বিজারক দ্রব্য এবং ইলেকট্রন বর্জনের ফলে নিজে জারিত হইয়া সোডিয়াম আয়ন গঠন করে।

(ii) $2Fe - 6e \rightarrow 2Fe^{+++}$: লোহার জারণ

(বিজারক) (জারিত)

$3Cl_2 + 6e \rightarrow 6Cl^-$: ক্লোরিনের বিজারণ

(জারক) (বিজারিত)

$2Fe + 3Cl_2 — 2Fe^{+++}(Cl^-)_3$

সোডিয়াম ক্লোরাইড গঠনের একই পদ্ধতিতে ইহার জারণ ও বিজারণ ক্রিয়ার বিশ্লেষণ করা যায়।

(iii) $2FeCl_3 + SnCl_2 = 2FeCl_2 + SnCl_4$

(জারক) (বিজারক) (বিজারিত) (জারিত)

এই বিক্রিয়াটি ইলেকট্রনীয় বিক্রিয়া অনুযায়ী লেখা যায় :

$2Fe^{+++}(Cl^-)_3 + Sn^{++}(Cl^-)_2 = 2Fe^{++}(Cl^-)_2 + Sn^{++++}(Cl^-)_4$

$2Fe^{+++} + 2e \rightarrow 2Fe^{++}$: ফেরিক আয়নের বিজারণ

(জারক) (বিজারিত)

$Sn^{++} - 2e \rightarrow Sn^{++++}$: স্ট্যানাস আয়নের জারণ

(বিজারক) (জারিত)

দুইটি ফেরিক আয়ন (Fe^{+++}) জারক দ্রব্য বা অক্‌সিডাইজিং এজেন্ট বলিয়া দুইটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে এবং নিজে বিজারিত হইয়া ফেরাস আয়নে (Fe^{++}) পরিণত হয়। পক্ষান্তরে স্ট্যানাস আয়ন (Sn^{++}) একটি বিজারক দ্রব্য বা রিডিউসিং এজেন্ট বলিয়া দুইটি ইলেক্‌ট্রন বর্জন করিয়া স্ট্যানিক আয়নরূপে (Sn^{++++}) জারিত হয়। সুতরাং এরূপ বিক্রিয়ায় অর্থাৎ স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্বারা ফেরিক ক্লোরাইডকে বিজারিত করার বিক্রিয়ায়ও এরূপ জারণ-বিজারণ ক্রিয়া যুগপৎ ঘটিয়া থাকে।

জারক ও বিজারক দ্রব্যের উদাহরণ

(Oxidising and Reducing agents)

যে পরমাণু, অণু বা আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে তাহাকে বলা হয় জারক পদার্থ বা অক্‌সিডাইজিং এজেন্ট (Oxidant) এবং যে পদার্থ ইলেক্‌ট্রন দান করে তাহাকে বলা হয় বিজারক বা রিডিউসিং এজেন্ট (Reductant)।

জারক দ্রব্য (Oxidising agent)

জারক দ্রব্য বা অক্সিডাইজিং এজেন্ট	বিজারিত পদার্থ
অক্সিজেন এবং ওজোন (O_2 এবং O_3)	$O^{=}$
হ্যালোজেন (Cl_2, Br_2 ইত্যাদি)	Cl^-, Br^- ইত্যাদি
নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3)	NO বা NO_2 বা N_2O বা NH_3
হাইড্রোজেন পারক্সাইড (H_2O_2)	H_2O
ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4)	SO_2
MnO_4 (অ্যাসিড দ্রবণ)—বেগুনী বর্ণ ম্যাঙ্গানেট মূলক	Mn^{++} (বর্ণহীন)
MnO_4 (অ্যালকালী দ্রবণ) ,,	MnO_2
Cr_2O_7 (অ্যাসিড দ্রবণ)—কমলা বর্ণ ডাই-ক্রোমেট মূলক	Cr^{+++} (সবুজ বর্ণ)

বিজারক দ্রব্য (Reducing agent)

বিজারক দ্রব্য বা রিডিউসিং এজেন্ট	জারিত পদার্থ
ক্ষারকীয় ধাতু (K, Na ইত্যাদি)	K^+, Na^+ ইত্যাদি
আয়রন, অ্যালুমিনিয়াম ইত্যাদি	Fe^{++++}, Al^{+++}
হাইড্রোজেন (H_2)	বা H^+
হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S)	S
কার্বন মনোক্সাইড (CO)	CO_2
স্ট্যানাস লবণ ($SnCl_2$)	Sn^{++++} স্ট্যানিক লবণ ($SnCl_4$)
সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2)	H_2SO_4 বা $SO_4^{=}$
ফেরাস লবণ ($FeCl_2$) (হালকা সবুজ)	Fe^{+++} ফেরিক লবণ ($FeCl_3$) (বাদামী-হলুদ)

Questions to be discussed

1. Define and explain with illustrations oxidation and reduction. Is it necessary that an oxidising agent should contain oxygen ?

2. What is meant by oxidising and reducing agent ? What happens to these agents during the process of oxidation and reduction ? Explain with two illustrations.

3. Oxidation is more than addition of oxygen—explain this with illustration ? What is reduction ? How the process of reduction is utilised in metallurgy ?

4. Define oxidation and reduction in terms of electron. Give two examples in each case What happens to the electrons given up during the process of oxidation ?

5. Define oxidising and reducing agent in terms of electron. What happens to these agents during the reactions ? Illustrate your answer

6. During chemical reactions ferrous ion is changed to ferric ion and stannous to stannic ion. Indicate which of these reactions are oxidation and which are reduction. Give reasons and electronic equations

7. What do you understand by 'oxidation' and 'reduction' ? Give examples. *[H S. Exam. 1960 , 1963]*

৮

ধাতু ঃ পরিচয়, নিষ্কাশন ও সাধারণ ধর্ম

ধাতুর ঐতিহাসিক পরিচয়

আমাদের সভ্যতার প্রধান উপাদান ধাতু। প্রায় 102টি প্রাকৃতিক ও কৃত্রিম মৌলিক পদার্থের মধ্যে চুয়াত্তরটি মৌলিক পদার্থই ধাতুজাতীয়। কিন্তু এক শতাব্দী পূর্বেও মাত্র আটটি ধাতুর ব্যবহার ব্যতীত অন্য ধাতুর ব্যবহার ছিল অজানা। এই পরিচিত ধাতু কয়টির নাম—সোনা, রূপা, পারদ, তামা, টিন, লোহা, সীসা ও দস্তা। দুই হাজার বৎসর পূর্বে শুধু সোনা, রূপা, তামা, টিন, লোহা এবং সীসার সঙ্গে মানব সভ্যতার পরিচয় ছিল। সোনা, রূপা ও তামা মৌলরূপে পাওয়া যায়। তাই, প্রাচীনকালে এই কয়টি ধাতুর ব্যবহারই প্রথম প্রচলিত হয়। পরে টিন, লোহা, সীসার যৌগ কাঠের অঙ্গার তথা চারকোলের সঙ্গে পোড়াইয়া এই সব ধাতু তৈরীর উপায় উদ্ভাবিত হয়।

সোনা ও তামা ঃ সোনা এবং তামা প্রাচীনতম ব্যবহৃত ধাতু। ছয় হাজার বৎসর পূর্বেও মিসরে সোনা ও তামার ব্যবহার জানা ছিল। প্রায় পাচ হাজার বৎসর পূর্বে রূপা আবিষ্কৃত হয়। তামা ও টিনের মিশ্রিত ধাতু ব্রোঞ্জ আবিষ্কৃত হয় প্রায় চার হাজার বৎসর পূর্বে। মিসরবাসীরা পারস্য হইতে টিন আমদানী করিত এবং তামার সঙ্গে মিশাইয়া ব্রোঞ্জ তৈরী করিয়া পাত্র, মূর্তি ও অস্ত্র তৈরী করিত। মিসর হইতে পৃথিবীর বিভিন্ন দেশে ব্রোঞ্জের ব্যবহার প্রচলিত হয়।

লৌহ ঃ লোহার ব্যবহার প্রচলিত হয় ব্রোঞ্জ আবিষ্কারের প্রায় দেড় হইতে দুই হাজার বৎসর পরে। খৃঃ পূর্ব আটশত শতাব্দীতেও লোহা ছিল এক মহার্ঘ পদার্থ। এই সময়ে গ্রীসের সর্বশ্রেষ্ঠ ব্যায়ামবিদ্ অ্যাকিলিসকে ব্যায়াম বিদ্যায় পারদর্শিতার জন্য মহামূল্য বস্তুরূপে পুরস্কার দেওয়া হয় একটি লোহার গোলক। অনেকের মতে লোহা প্রথম আবিষ্কৃত হয় ভারতবর্ষে। অন্তত ভারতবর্ষেই যে সর্বপ্রথম ইস্পাত নির্মাণের উপায় উদ্ভাবিত হইয়াছে এই বিষয়ে সকলেই একমত। দিল্লীর দুই হাজার বৎসরের প্রাচীন লৌহস্তম্ভটি তার নিদর্শন।

সীসা ও দস্তা ঃ মিসরে 1200 খৃঃ পূর্বের প্রাচীন কবরে সীসার পাত্র পাওয়া গিয়াছে। বোধ হয় মিসরবাসীরা স্পেন হইতে সীসা আমদানী করিত। রোমান সাম্রাজ্যে সীসার বিশেষ প্রচলন ছিল। টিন ও জিংকের মিশ্রিত পদার্থ পিত্তলরূপে জিংক বা দস্তার ব্যবহারের অনেক আগেই প্রচলিত ছিল; কিন্তু জিংক যে একটি স্বতন্ত্র ধাতু তাহা ষোল শতাব্দীর পূর্বে জানা ছিল না।

অ্যালুমিনিয়াম : অ্যালুমিনিয়ামের ব্যবহার সবচেয়ে বিস্ময়কর। অ্যালুমিনিয়াম আবিষ্কৃত হয় মাত্র 1827 খ্রীষ্টাব্দে। 1855 খ্রীষ্টাব্দে প্যারিসের প্রদর্শনীতে এক পাউণ্ড অ্যালুমিনিয়াম বিক্রি হয় একশ' পঞ্চাশ টাকায়। এখন ধাতুর মধ্যে লোহার পরেই অ্যালুমিনিয়ামের উৎপাদন ও ব্যবহার সবচেয়ে বেশি।

পৃথিবীতে এখন আর কোন ধাতুই অনাবিষ্কৃত নাই। কিন্তু **চুয়াত্তরটি** আবিষ্কৃত এবং কৃত্রিমভাবে তৈরী **ধাতু-জাতীয় মৌলিক পদার্থের** মধ্যে প্রায় পঁয়ত্রিশটি ধাতু মোটামুটি মানব-সভ্যতার কার্যে প্রয়োগ করা সম্ভব হইয়াছে। তবে সোডিয়াম, পটাসিয়াম ও ক্যালসিয়ামকে ধাতুরূপে না হইলেও ইহাদের যৌগসমূহ ব্যাপকভাবে ব্যবহার করা হয়। অন্যান্য নবাবিষ্কৃত ধাতুগুলির উৎপাদন ও ব্যবহার এখনও তেমন প্রচলিত হয় নাই। নিচের এই ধাতু কয়টিই বর্তমান মানব-সভ্যতায় বিশেষভাবে ব্যবহৃত :

লোহা (আয়রন)
সীসা (লেড)
প্ল্যাটিনাম
নিকেল
ক্রোমিয়াম
টিন
ম্যাগনেসিয়াম
থোরিয়াম

তামা (কপার)
সোনা (গোল্ড)
অ্যালুমিনিয়াম
ট্যাংস্টেন
ভ্যানেডিয়াম
কোবাল্ট
টাইটেনিয়াম
ইয়ুরেনিয়াম

দস্তা (জিংক)
রূপা (সিলভার)
ম্যাঙ্গানিজ
পারদ (মার্কারি)
মলিবডেনাম
অ্যান্টিমনী
বিসমাথ
প্লুটোনিয়াম

ইয়ুরেনিয়াম, থোরিয়াম ও প্লুটোনিয়াম ব্যবহার করা হয় পারমাণবিক শক্তি উৎপাদনের জ্বালানী রূপে।

ভারতের খনিজ ধাতু

ভারতের বিভিন্ন প্রদেশে প্রাপ্ত খনিজ পদার্থ অনুরূপ : (i) **লোহার আকরিক**—বিহার, উড়িষ্যা, মহীশূর ও মধ্যপ্রদেশ। এই ধাতু সম্পদে ভারতের স্থান অষ্টম। (ii) **ম্যাংগানীজ আকরিক**—মধ্যপ্রদেশ, মহারাষ্ট্র, মহীশূর, অন্ধ্র। স্থান দ্বিতীয়। (iii) **মাইকা বা অভ্র**—বিহার, রাজস্থান,

অভ্র। স্থান—প্রথম। (iv) **সোনা**—মহীশূর। (v) **কপার আকরিক**—বিহার ও দার্জিলিং। (vi) **ক্রোমাইট আকরিক**—বিহার, উড়িষ্যা ও মহীশূর। (vii) **ম্যাগনেসাইট আকরিক**—মাদ্রাজ। (viii) **লেড আকরিক**—রাজস্থান। (ix) **জিংক ব্লেণ্ড**—রাজস্থান। (x) **বক্সাইট আকরিক**—বিহার, উড়িষ্যা, মধ্যপ্রদেশ, মহারাষ্ট্র, মাদ্রাজ ও কাশ্মীর। (xi) **থোরিয়াম আকরিক**—কেরলা। প্রথমস্থান।

ধাতু ও অ-ধাতু জাতীয় মৌলের বৈশিষ্ট্য

[Characteristics of Metals and Non-metals]

মৌলিক পদার্থের তিন-চতুর্থাংশ ধাতু বলিয়া গণ্য করা হইলেও, ধাতু এবং অ-ধাতুরূপে মৌলিক পদার্থের পার্থক্য খুব সুনির্দিষ্ট নয়। অনেক ধাতু ও অ-ধাতুর মধ্যে একই ধর্ম দেখা যায়। কয়েকটি বিশেষ ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের পার্থক্যের উপর ভিত্তি করিয়া সাধারণত মৌলিক পদার্থগুলিকে ধাতু ও অ-ধাতু—এই দুই শ্রেণীতে ভাগ করা যায়।

(i) ভৌত ধর্মের পার্থক্য

(Differences in Physical Properties)

1. ভৌতাবস্থা ও ঔজ্জ্বল্য

ধাতু (Metal)	**অ-ধাতু** (Non metal)
ধাতু স্বাভাবিক অবস্থায় কঠিন, উজ্জ্বল এবং আলোক প্রতিফলনে সক্ষম। ধাতুর ঔজ্জ্বল্যকে বলা হয় ধাতব ঔজ্জ্বল্য (metallic lustre)।	অ-ধাতু স্বাভাবিক অবস্থায় তরল বা গ্যাসীয় এবং অনুজ্জ্বল ও আলোক প্রতিফলনে অক্ষম।
ব্যতিক্রম : মার্কারি স্বাভাবিক অবস্থায় তরল এবং সোনা ও অ্যালুমিনিয়াম ছাড়া চূর্ণ অবস্থায় কোন ধাতুই উজ্জ্বল নয়।	**ব্যতিক্রম :** আয়োডিন, কার্বন, বোরন, সিলিকন, ফসফরাস ও সালফার ইত্যাদি অ-ধাতু স্বাভাবিক অবস্থায় কঠিন। আয়োডিন এবং গ্রাফাইট জাতীয় কার্বন উজ্জ্বল এবং হীরক জাতীয় কার্বন আলোক প্রতিফলনে সক্ষম।

2. মৌলের ঘনত্ব

ধাতু	অ-ধাতু
ধাতুর ঘনত্ব (density) সাধারণত বেশি অর্থাৎ ধাতু ভারী পদার্থ। ব্যতিক্রম : লিথিয়াম, সোডিয়াম, পটাসিয়াম ইত্যাদি ধাতু জলের চেয়েও হালকা এবং ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম ও অ্যালুমিনিয়ামের ঘনত্বও কম।	অ-ধাতুর ঘনত্ব সাধারণত কম। সমস্ত অ-ধাতুর মধ্যে উচ্চতম ঘনত্ব 5, আয়োডিনের ঘনত্ব 4·9.

3. কাঠিন্য, নমনীয়তা, সম্প্রসারণশীলতা

ধাতু শক্ত, সুদৃঢ় (high tenacity), নমনীয় (malleable) এবং প্রসারশীল বস্তু। ধাতুর উপরে আঘাত করিলে একপ্রকার শব্দ হয় —যাহাকে বলা হয় ধাতব শব্দ। (metallic sound)। ধাতু পিটাইয়া তার বা অতি পাতলা পাতে পরিণত করা যায়। সোনা সবচেয়ে সম্প্রসারণশীল। ব্যতিক্রম : বিসমাথ ও অ্যান্টিমনী ধাতু ভঙ্গুর বলিয়া ইহাদের চূর্ণ করা যায়।	অ-ধাতু শিথিল, নরম, অনমনীয় ও অপ্রসারশীল। কঠিন অ-ধাতু ভঙ্গুর। তাই সালফার, ফসফরাস, কার্বন ইত্যাদি চূর্ণ তৈরী করা যায়। শক্ত অ-ধাতুর উপরে আঘাত করিলে কোন শব্দ হয় না।

4. তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবহণ ক্ষমতা

ধাতু তাপ ও তড়িতের উত্তম পরিবাহী (good conductor)। রূপা সর্বোৎকৃষ্ট এবং তামা পরবর্তী উৎকৃষ্ট তাপ ও তড়িৎ-পরিবাহী ধাতু। ব্যতিক্রম : মার্কারির তাপ ও তড়িৎ পরিবহণের ক্ষমতা কম।	অ-ধাতু তাপ ও তড়িৎ-পরিবহণে অক্ষম (non-conductor)। ব্যতিক্রম : হাইড্রোজেন এবং গ্রাফাইট জাতীয় কার্বন ও আরসেনিক ধাতু তাপ ও তড়িৎ পরিবহণে সক্ষম।

(ii) রাসায়নিক ধর্মের পার্থক্য

(Differences in Chemical Properties)

1. মৌলের তড়িৎ ধর্ম

ধাতু (Metal)	**অ-ধাতু (Non-metal)**
ধাতু পজেটিভ তড়িদ্‌ধর্মী (electro-positive) ; তাই, ধাতু ইলেকট্রন বর্জন করিয়া ক্যাটায়নে পরিণত হয়। $Na - e \rightarrow Na^+$। তড়িদ্‌বিশ্লেষণের সময় ধাতব যৌগের পজেটিভ তড়িদ্‌ধর্মী ধাতব আয়ন বা ক্যাটায়ন নেগেটিভ তড়িদ্‌-দ্বারের দিকে আকর্ষিত হয়। যথা : $NaCl \rightleftharpoons Na^-$ (ক্যাথোড) $+ Cl^-$ ব্যতিক্রম : হাইড্রোজেন অ-ধাতু হওয়া সত্ত্বেও পজেটিভ তড়িদ্‌ধর্মী। $HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$	অ-ধাতু নেগেটিভ তড়িদ্‌-ধর্মী (electro-negative), তাই, অধাতু ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া অ্যানায়নে পরিণত হয়। $Cl + e \rightarrow Cl^-$ তড়িদ্‌বিশ্লেষণের সময় ধাতব যৌগের নেগেটিভ-ধর্মী অ ধাতব আয়ন বা অ্যানায়ন পজেটিভ তড়িদ্‌-দ্বারের দিক আকর্ষিত হয়। যথা : $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$ (অ্যানোড) কিন্তু সোডিয়াম হাইড্রাইড যৌগে (NaH) হাইড্রোজেন নেগেটিভ ধর্মী $NaH \rightleftharpoons Na^+ + H^-$

2. অক্‌সাইডের প্রকৃতি

ধাতুর অক্‌সাইড (CuO, Fe_2O_3, CaO) ধর্মে ক্ষারকীয়। অর্থাৎ, ধাতুর অক্‌সাইড অ্যাসিডকে প্রশমিত করিয়া লবণ ও জল গঠন করে। যথা : $Na_2O + 2HCl = 2NaCl + H_2O$, সোডিয়াম ও পটাসিয়ামের অক্‌সাইড জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্ষার গঠন করে। যথা : $Na_2O + H_2O = 2NaOH$	অ-ধাতুর অক্‌সাইড (SO_2, CO_2, P_2O_5) সাধারণত অ্যাসিড ধর্মী। অর্থাৎ, ইহাদের জলীয় দ্রবণে অ্যাসিডের লক্ষণ প্রকাশ পায়। $SO_2 + H_2O = H_2SO_3$ $P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$

ধাতু	অ-ধাতু
ব্যতিক্রম : সাধারণত ধাতুর অক্সাইড ক্ষারকীয় কিন্তু জিংক, অ্যালুমিনিয়াম, লেড (ZnO, Al_2O_3 PbO) ইত্যাদির অক্সাইড অ্যাসিড ও ক্ষার উভয়ের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া লবণ গঠনে সক্ষম বলিয়া উভধর্মী। উচ্চতর যোজ্যতার ক্রোমিয়াম অক্সাইড ও ম্যাঙ্গানিজ অক্সাইড (CrO_3, Mn_2O_7) জাতীয় ধাতব অক্সাইডগুলি অ্যাসিড-ধর্মী।	ব্যতিক্রম : জল, কার্বন মনোক্সাইড, নাইট্রিক অক্সাইড (H_2O, CO, NO) ইত্যাদি অ-ধাতব সঙ্গে অ্যাসিড ও ক্ষারের কোন বিক্রিয়া ঘটে না।

3. অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া

ধাতু সাধারণত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl) ও সালফিউরিক অ্যাসিডে (H_2SO_4) দ্রবীভূত হয় এবং হাইড্রোজেন (H_2) প্রতিস্থাপন করে। $Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$	অ-ধাতুর মৌল হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিডে (HCl বা H_2SO_4) সাধারণ তাপাংকে দ্রবীভূত হয় না বা বিক্রিয়া ঘটায় না।
ব্যতিক্রম : তড়িৎ-রাসায়নিক তালিকায় হাইড্রোজেনের নিচে অবস্থিত কোন ধাতু হাইড্রোজেন (H_2) প্রতিস্থাপনে অক্ষম।	ব্যতিক্রম : উচ্চচাপে কার্বন, সালফার ইত্যাদি অ-ধাতু অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায়। $C+2H_2SO_4=CO_2+2H_2O+2SO_2$

4 হ্যালোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া

ধাতু হ্যালোজেনের সঙ্গে হ্যালাইড যৌগ গঠন করে। যথা : $NaCl$, $ZnCl_2$, এরূপ হ্যালাইড সাধারণত জলের সংস্পর্শে স্থায়ী থাকে। কিন্তু $FeCl_3$, $AlCl_3$ জলে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া যায়। যথা : $FeCl_3+3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3+3HCl$ সাধারণত ধাতব হ্যালাইড অনুদ্বায়ী, কিন্তু স্ট্যানিক ও অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ($SnCl_4$, $AlCl_3$) উদ্বায়ী।	সাধারণত (O, Cl) ছাড়া অ-ধাতু হ্যালাইড গঠন করে। অ-ধাতব মৌলিক পদার্থের হ্যালাইড যৌগের জলের সংস্পর্শে আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে। $PCl_3+3H_2O=H_3PO_3+3HCl$ ব্যাতিক্রম : কার্বনের টেট্রাক্লোরাইড (CCl_4) জলের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইতে পারে না।

5. হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া

ধাতু সাধারণত হাইড্রোজেনের যে কয়েকটি ধাতব যৌগ গঠন করে সেই যৌগগুলি অস্থায়ী (non-volatile)। যথা : NaH, CaH_2 ইত্যাদি। $2Na+H_2=2NaH$

জলীয় দ্রবণে ইহাদের আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে।

$CaH_2+2H_2O=Ca(OH)_2+H_2$

অ-ধাতু হাইড্রোজেনের সঙ্গে যৌগ গঠন করে এবং এরূপ যৌগগুলি উদ্বায়ী (volatile)। যথা : NH_3, PH_3, CH_4 ইত্যাদি যৌগগুলি গ্যাস।

6. জটিল যৌগ গঠন

ধাতু জটিল লবণ (complex salt) গঠন করিতে পারে। এরূপ যৌগে ধাতু ক্যাটায়ন বা অ্যানায়ন উভয় আয়নের অংশ হইতে পারে। যথা : $[Cu(NH_3)_4]SO_4 \rightleftharpoons$

$[Cu(NH_3)]_4^{++}+SO_4^{=}$

বা

$K_4[Fe(CN)_6] \rightleftharpoons$

$4K^{+}+[Fe(CN)_6^{=}]$

অ-ধাতু সাধারণত জটিল লবণ গঠন করিতে পারে না। কিন্তু বোরন ও সিলিকন জটিল যৌগ গঠন করিতে পারে। যথা :

KBF_4,

$Na_2B_4O_7$ (বোরাক্স)

K_2SiF_6

7. যৌগের ইলেকট্রনীয় প্রকৃতি

ধাতু সাধারণত অ-ধাতুর সঙ্গে ইলেকট্রো-ভ্যালেন্ট যৌগ গঠন করে। তাই এরূপ যৌগে দ্রবীভূত বা বিগলিত অবস্থায় তড়িদ্‌বিয়োজন ঘটে।

$NaCl \rightleftharpoons Na^{+}+Cl^{-}$

ইলেকট্রো-ভ্যালেন্ট যৌগ :

$[Na^{+}Cl^{-}], Mg^{+2}(Cl^{-1})_2]$

অ-ধাতু সাধারণত পরস্পরে কো-ভ্যালেন্ট যৌগ গঠন করে বলিয়া এরূপ যৌগে সাধারণত তড়িদ্‌-বিয়োজন ঘটে না।

কো-ভ্যালেন্ট যৌগ : $H:H \rightarrow H_2$

$O::O \rightarrow O_2$, $Cl:Cl \rightarrow Cl_2$

ধাতু-নিষ্কাশন

(Extraction of Metal)

সোনা, রূপা, প্ল্যাটিনাম, পারদ ও তামা—শুধু এই কয়টি মৌলিক পদার্থই মুক্ত ধাতুরূপে মৌল অবস্থায় পাওয়া যায়। এই কয়টি ধাতু ব্যতীত আর কোন ধাতুই মৌল অবস্থায় মুক্ত পদার্থরূপে পাওয়া যায় না,—পাওয়া যায় যৌগ রূপে। মুক্ত মৌলরূপে যে-কয়টি ধাতু পাওয়া যায় সেগুলিও মৌল অবস্থার চেয়ে অন্য পদার্থের সঙ্গে যৌগরূপেই বেশি পবিমাণে পাওয়া যায়।

ধাতুগুলি প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায় সাধারণত অক্‌সাইড, সালফাইড, কার্বনেট, সালফেট, নাইট্রেট, হ্যালাইড, ফসফেট বা সিলিকেট যৌগ রূপে। কিন্তু ধাতু নিষ্কাশন করা হয় প্রধানত ধাতুর অক্‌সাইড, সালফাইড, ক্লোরাইড ও কার্বনেট যৌগ হইতে। ভূ-পৃষ্ঠের উপরিভাগে উন্মুক্ত অবস্থায় ধাতুর যে-সমস্ত যৌগ পাওয়া যায় সেগুলি সবই জলে অদ্রাব্য। ধাতুর দ্রাব্য যৌগগুলি বৃষ্টি ও নদীর জলে দ্রবীভূত হইয়া ভূ-পৃষ্ঠ হইতে সমুদ্রজলে গিয়া সঞ্চিত হইয়াছে। তাই সমুদ্র জলে ধাতব স্বাদ পাওয়া যায়। ভূ-পৃষ্ঠের পবিবর্তনের ফলে কোন কোন ধাতব যৌগ জল-বৃষ্টিব প্রকোপেব আড়ালে খনিজ পদার্থরূপে ভূগর্ভে রক্ষিত হইয়া রহিয়াছে।

ধাতুর আকরিক (Mineral Ores): **যে-সমস্ত ধাতব যৌগ প্রকৃতিতে পাওয়া যায় এবং অনেক ক্ষেত্রে যাহা হইতে ধাতু সংগ্রহ করা হয় সেগুলিকে বলা হয় খনিজ পদার্থ (minerals) এবং অল্প খরচে ধাতু-নিষ্কাশন-যোগ্য খনিজ পদার্থকে ধাতুর আকরিক বা 'ওর'** (ore) **বলা হয়**। ভারতে প্রচুর পরিমাণে বিভিন্ন খনিজ পদার্থের আকরিক পাওয়া যায়। এই সমস্ত খনিজ আকরিকেব মধ্যে—লোহা, তামা, ম্যাঙ্গানীজ, ক্রোমিয়াম, থোরিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম, সোনা, রূপা, জারকোনিয়াম, মলিব্‌ডেনাম, ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম, টাইটেনিয়াম, টাংস্টেন, ইয়ুরেনিয়াম এবং অল্প পরিমাণ টিন ধাতুর আকরিক পাওয়া যায় এবং কতগুলি ধাতু ভারতে নিষ্কাশিত হয়, যদিও সব ধাতু নিষ্কাশনের ব্যবস্থা করা এখনও ভারতে সম্ভব হয় নাই।

ধাতুর সাধারণ নিষ্কাশন পদ্ধতি'

(General Principles of Extraction or Metallurgy

যে-রাসায়নিক উপায়ে খনিজ আকরিক হইতে মৌলরূপে ধাতু নিষ্কাষিত করা হয় সেই উপায়কে বলা হয় ধাতু-নিষ্কাশন পদ্ধতি এবং এই পদ্ধতিকে **ধাতুবিদ্যা** বা **'মেটালার্জি'** (Metallurgy) বলা হয়।

দেড়শত বৎসর 'পূর্বেও কাঠকয়লা বা অঙ্গারের সঙ্গে খনিজ আকরিক পোড়াইয়া ধাতু তৈরী করার **'রোস্টিং' 'ক্যালসিনেশন' তথা তাপ-জারণ বা ভস্মীকরণ অর্থাৎ কার্বন বিজারণ পদ্ধতিই** ছিল ধাতু নিষ্কাশনের একমাত্র উপায়। প্রাচীনকালে তামা, টিন, লোহা ও সীসা—এইভাবেই অঙ্গারের সঙ্গে পোড়াইয়া খনিজ আকরিক হইতে ধাতু নিষ্কাশিত করা হইত। ভারতবর্ষ প্রাচীনকালেও ধাতুবিদ্যায় পারদর্শী ছিল। কৌটিল্যের অর্থশাস্ত্রে ধাতুবিদ্যা সম্বন্ধে বিস্তৃত বিবরণ পাওয়া যায়। বর্তমানে ধাতু নিষ্কাশনের কয়েকটি প্রধান পদ্ধতি :

(1) **কার্বন বিজারণ বা কার্বন রিডাকশন পদ্ধতি** (Carbon Reduction method),

(2) **স্বতঃবিজারণ বা সেল্‌ফ্‌ রিডাকশন পদ্ধতি** (Self-Reduction method):

(3) **তড়িদ্‌বিশ্লেষণাত্মক বা ইলেকট্রোলাইটিক বিয়োজন পদ্ধতি** (Electrolytic Separation),

(4) **থারমিট পদ্ধতি** (Thermit Process),

(5) **সোডিয়াম বিজারণ পদ্ধতি** (Sodium Reduction process),

1. কার্বন-বিজারণ পদ্ধতি (Carbon Reduction Process)

(ক) **অক্সাইড আকরিক হইতে :** কার্বন তথা অঙ্গার একটি তীব্র বিজারক পদার্থ (reducing agent)। কোন কোন ধাতুর অক্সাইডের সঙ্গে কার্বন মিশ্রিত করিয়া সেই মিশ্রণ উচ্চ তাপে পোড়াইলে কার্বন ধাতুর অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া ধাতুতে পরিণত করে। এরূপ বিক্রিয়ায় **কার্বন ধাতুর অক্সাইডের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া কার্বন মনোক্‌সাইড গ্যাসরূপে নির্গত হইয়া যায়।** কার্বন ব্যবহার করা হয় কোক বা চারকোল তথা অঙ্গার রূপে। যথা :

$$\underset{\text{ধাতুর অক্সাইড}}{MO} + \underset{\text{কার্বন}}{C} \longrightarrow \underset{\text{ধাতু}}{M} + \underset{\text{কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস}}{CO\uparrow}$$

কার্বন জারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডে (CO) পরিণত হয়। **এই কার্বন মনোকসাইডও বিজারকরূপে ধাতুর অক্সাইড বিজারিত করিয়া ধাতু নিষ্কাশিত করে।** যথা :

$$MO+CO \rightarrow M+CO_2\uparrow$$

[*M যে-কোন ধাতুর প্রতীক চিহ্ন। কোন বিক্রিয়ায় গ্যাস তৈরী হইলে তাহা এরূপ উর্ধ্বমুখী কিলক (↑) চিহ্ন দ্বারা নির্দেশ করা যায়।]

কার্বন দ্বারা ধাতুর অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া ধাতু নিষ্কাশনের পদ্ধতিকে বলা হয় **কার্বন বিজারণ পদ্ধতি। এই পদ্ধতিতে প্রধানত লোহা, টিন জিংক ইত্যাদি ধাতু নিষ্কাশিত করা হয়।** বর্তমানে **ম্যাগনেসিয়াম** ও **সীসা** ঐ পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত করা হয়। লোহার বিজারণ বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে :

$$\underset{\text{ফেরিক অক্সাইড}}{Fe_2O_3} + \underset{\text{কার্বন}}{3C} = \underset{\text{লোহা}}{2Fe} + \underset{\text{কার্বন মনোক্সাইড}}{3CO\uparrow}$$

$$\underset{\text{ফেরিক অক্সাইড}}{Fe_2O_3} + \underset{\text{C-মনোকসাইড}}{CO} = \underset{\text{ফেরাস অকসাইড}}{2FeO} + \underset{\text{C-ডাই-অকসাইড}}{CO_2\uparrow}$$

$$\underset{\text{ফেরাস অক্সাইড}}{FeO} + \underset{\text{C-মনোকসাইড}}{CO} = \underset{\text{আয়রন}}{Fe} + \underset{\text{C-ডাই-অকসাইড}}{CO_2\uparrow}$$

অন্যান্য ধাতুর ক্ষেত্রে বিজারণ বিক্রিয়া :

$$\underset{\text{জিংক অকসাইড}}{ZnO} + \underset{\text{কার্বন}}{C} = \underset{\text{জিংক}}{Zn} + \underset{\text{কার্বন মনোকসাইড}}{CO\uparrow}$$

$$\underset{\text{ম্যাগনেসিয়াম অকসাইড}}{MgO} + \underset{\text{কার্বন}}{C} = \underset{\text{ম্যাগনেসিয়াম}}{Mg} + \underset{\text{কার্বন মনোকসাইড}}{CO\uparrow}$$

$$\underset{\text{লেড মনোক্সাইড}}{PbO} + \underset{\text{কার্বন}}{C} = \underset{\text{লেড}}{Pb} + \underset{\text{কার্বন মনোকসাইড}}{CO\uparrow}$$

$$\underset{\text{টিন অকসাইড}}{SnO_2} + \underset{\text{কার্বন}}{2C} = \underset{\text{টিন}}{Sn} + \underset{\text{কার্বন মনোকসাইড}}{2CO\uparrow}$$

(খ) **সালফাইড বা কার্বনেট আকরিক হইতে :** লোহা, টিন বা জিংকের আকরিক সর্বত্র অক্সাইডরূপে পাওয়া যায় না, অনেকস্থানে সালফাইড বা কার্বনেট আকরিকরূপে পাওয়া যায়। এরূপ **সালফাইড বা কার্বনেট আকরিক** হইতে ধাতু নিষ্কাশনের জন্য ধাতুর আকরিক প্রথমে **বায়ুতে ভস্মীভূত বা জারিত করিয়া উহাকে অক্সাইডে পরিণত করা হয় এবং সেই অক্সাইডকে পরে কার্বন দ্বারা বিজারিত করা হয়।**

তাপ জারণ পদ্ধতি (Calcination or Roasting) : ধাতুর কার্বনেট, সালফাইড ইত্যাদি জাতীয় খনিজ আকরিক বায়ুতে উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিয়া অক্সাইডে পরিণত করার বৃহদায়তন পদ্ধতিকে বলা হয় **ভস্মীকরণ বা তাপজারণ** তথা '**ক্যালসিনেশন**' বা '**রোস্টিং**' (Calcination or Roasting)। যথা :

$$\underset{\substack{\text{জিংক}\\\text{সালফাইড}}}{2ZnS} + \underset{\substack{\text{বায়ুর}\\\text{অক্সিজেন}}}{3O_2} = \underset{\substack{\text{জিংক}\\\text{অক্সাইড}}}{2ZnO} + \underset{\substack{\text{সালফার}\\\text{ডাই-অক্সাইড}}}{2SO_2\uparrow}$$

$$\underset{\substack{\text{জিংক}\\\text{কার্বনেট}}}{ZnCO_3} = \underset{\substack{\text{জিংক}\\\text{অক্সাইড}}}{ZnO} + \underset{\substack{\text{কার্বন}\\\text{ডাই-অক্সাইড}}}{CO_2\uparrow}$$

কার্বন-জারণ পদ্ধতিতে ধাতু নিষ্কাশন-ক্রিয়া সম্পূর্ণ করা হয় পাঁচটি পর্যায়ে। যথা :

(i) প্রথম পর্যায়ে ধাতুর খনিজ আকরিক চূর্ণ করা হয় (grinding of ore)।

(ii) দ্বিতীয় পর্যায়ে আকরিকের মধ্যে কাঁকর, বালি ইত্যাদি রূপে যে ময়লা থাকে চুম্বক, সেন্টিফিউজ বা তৈল-ভাসন পদ্ধতিতে তাহা দূর করিয়া ধাতুর আকরিক পরিষ্কৃত ও গাঢ় করা হয় (concentration of ore)।

(iii) তৃতীয় পর্যায়ে ধাতুর আকরিক ভস্মীকরণ বা তাপ-জারণ পদ্ধতিতে অক্সাইডে পরিণত করা হয় (calcination or roasting)।

(iv) চতুর্থ পর্যায়ে ধাতুর অক্সাইড হইতে কার্বন-বিজারণ পদ্ধতিতে ধাতু নিষ্কাশিত করা হয় (extraction by carbon reduction process); এবং (v) পঞ্চম পর্যায়ে নিষ্কাশিত ধাতু পরিশোধিত করা হয় (purification)।

2. স্বতঃ-বিজারণ পদ্ধতি (Self-Reduction process)

সাধারণত এই পদ্ধতিতে **সালফাইড জাতীয় আকরিক** হইতে ধাতু **নিষ্কাশিত করা হয়।** এই পদ্ধতিতে বিজারক দ্রব্যরূপে আকরিকের সঙ্গে কার্বন **মিশ্রিত করার প্রয়োজন হয় না।**

প্রথমত ধাতুর সালফাইড আকরিক আংশিকভাবে তাপ-জারিত বা ভস্মীভূত করা হয়। ইহার ফলে **ধাতুর সালফাইডের** এক অংশ **ধাতুর অক্সাইডে** এবং অপর অংশ স্বল্প পরিমাণে **সালফেট যৌগে** পরিণত হয় এবং অবশিষ্ট অংশ সালফাইড যৌগরূপে অপরিবর্তিত থাকে। এরূপ প্রাথমিক ও আংশিক তাপ-জারণ বিক্রিয়ার ফলে এই যে অক্সাইড ও সালফেট যৌগ তৈরী হয়, তাহাই জারক দ্রব্যরূপে ধাতুর অপরিবর্তিত ও অবশিষ্ট সালফারকে জারিত করিয়া ধাতুতে পরিণত করে।

কোন ধাতুর সালফাইড যৌগকে তাপজারণ পদ্ধতিতে আংশিকভাবে অক্সাইড ও সালফেট যৌগরূপে জারিত করিয়া সেই ধাতব অক্সাইড ও সালফেটের সঙ্গে অবশিষ্ট সালফাইডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া ধাতু নিষ্কাশনের পদ্ধতিকে বলা হয় স্বতঃ-বিজারণ পদ্ধতি (Self-reduction process)। কারণ, এরূপ পদ্ধতিতে কার্বনের ন্যায় বাইরের কোন আলাদা বিজারক দ্রব্য ব্যবহার করার প্রয়োজন হয় না,—মূল সালফাইড হইতে উদ্ভূত ধাতব অক্সাইড ও সালফেটই জারকের কাজ করে।

এরূপ বিক্রিয়ায় আকরিকের সালফার, সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসরূপে নির্গত হইয়া যায়। **তামা ও সীসা তথা কপার ও লেড এই স্বতঃ-বিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত করা হয়।** বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে :

(i) প্রথম পর্যায়ে আংশিক তাপজারণ (Partial roasting) :

$$\underset{\text{লেড সালফাইড}}{2PbS} + \underset{\text{অক্সিজেন}}{3O_2} = \underset{\text{লেড অকসাইড}}{2PbO} + \underset{\text{সালফার ডাই-অক্সাইড}}{2SO_2} \uparrow$$

$$\underset{\text{লেড সালফাইড}}{PbS} + \underset{\text{অক্সিজেন}}{2O_2} = \underset{\text{লেড সালফেট}}{PbSO_4}$$

(ii) দ্বিতীয় পর্যায়ে স্বতঃবিজারণ (Self-Reduction) :

$$\underset{\text{লেড সালফাইড}}{PbS} + \underset{\text{লেড অক্সাইড}}{2PbO} = \underset{\text{লেড}}{3Pb} + \underset{\text{সালফার ডাই-অক্সাইড}}{SO_2} \uparrow$$

$$\underset{\text{লেড সালফাইড}}{PbS} + \underset{\text{লেড সালফেট}}{PbSO_4} = \underset{\text{লেড}}{2Pb} + \underset{\text{সালফার ডাই-অক্সাইড}}{2SO_2} \uparrow$$

তামাও স্বতঃবিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত করা হয়। যথা :

(i) $2Cu_2S + 3O_2 = 2Cu_2O + 2SO_2\uparrow$

$2Cu_2S$	$3O_2$	$2Cu_2O$	$2SO_2$
কপাব সালফাইডে	অক্সিজেন	কপাব অক্সাইড	সালফার ডাই-অকসাইড

(ii) $Cu_2S + 2Cu_2O = 6Cu + SO_2\uparrow$

Cu_2S	$2Cu_2O$	$6Cu$	SO_2
কপার সালফাইড	কপাব অকসাইড	কপাব	সালফার ডাই-অক্সাইড

[illegible]

কোন ধাতুর বিগলিত লবণ (fused salt) অথবা ধাতব লবণেব জলীয় দ্রবণ (solution) তড়িদ্‌বিশ্লেষণেব ফলে লবণেব ধাতব অংশ তথা পজেটিভ আয়ন বা ক্যাটায়ন নেগেটিভ তড়িদ্‌দ্বাব বা ক্যাথোডে সঞ্চিত হয় এবং অধাতব অংশ তথা নেগেটিভ আয়ন বা অ্যানায়ন পজেটিভ তড়িদ্‌দ্বারে বা অ্যানোডে সঞ্চিত হয়। ক্যাটায়ন ক্যাথোডে ইলেকট্রন গ্রহণ কবিয়া এবং অ্যানায়ন অ্যানোডে ইলেকট্রন বর্জন কবিয়া তড়িদ্‌ধর্মহীন পবমাণুতে পরিণত হয়।

সাধাবণতঃ উচ্চতর পজেটিভধর্মী ধাতু **সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ইত্যাদি ধাতুর বিগলিত লবণ** (fused salt) তড়িদ্‌বিশ্লেষণ করিয়া এই সমস্ত ধাতু নিষ্কাশিত হয়। যথা :

(i) সোডিয়াম (Na) : তড়িদবিয়োজন ও ইলেকট্রোড বিক্রিয়া :

$2NaCl$ (সোডিয়াম ক্লোরাইড) $\rightleftharpoons 2Na^+ + 2Cl^-$

ক্যাথোড : $2Na^+ + 2e \rightarrow 2Na$ (সোডিয়াম) ;

অ্যানোড : $2Cl^- - 2e \rightarrow 2Cl \rightarrow Cl_2$ (ক্লোরিন) $\uparrow$

(ii) ক্যালসিয়াম (Ca) : তড়িদ্‌বিয়োজন ও ইলেকট্রোড বিক্রিয়া :

$CaCl_2$ (ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড) $\rightleftharpoons Ca^{++} + 2Cl^-$

ক্যাথোড : $Ca^{++} + 2e \rightarrow Ca$ (ক্যালসিয়াম)

অ্যানোড : $2Cl^- - 2e \rightarrow 2Cl \rightarrow Cl_2$ (ক্লোরিন) $\uparrow$

(iii) ম্যাগনেসিয়াম (Mg) : তড়িদ্‌বিয়োজন ও ইলেকট্রোড বিক্রিয়া :

$MgCl_2$ (ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড) $\rightleftharpoons Mg^{++} + 2Cl^-$

ক্যাথোড : $Mg^{++} + 2e \rightarrow Mg$ (ম্যাগনেসিয়াম)

অ্যানোড : $2Cl^- - 2e \rightarrow 2Cl \rightarrow Cl_2$ (ক্লোরিন) $\uparrow$

(iv) অ্যালুমিনিয়াম (Al): তড়িদ্‌বিয়োজন ও ইলেকট্রোড বিক্রিয়া:

$2Al_2O_3$ (অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড) $\rightleftharpoons 4Al^{+++}+6O^{=}$
ক্যাথোড: $4Al^{+++}+12e \rightarrow 4Al$ (ধাতব অ্যালুমিনিয়াম)
অ্যানোড: $6O^{=}-12e \rightarrow 6O \rightarrow 3O_2$ (অক্সিজেন) ↑

ধাতু-পরিশোধন (Refining or Purification of Metals): সোনা, রূপা, নিকেল, তামা, জিংক, সীসা ইত্যাদি ধাতুর লবণের জলীয় দ্রবণের (salt solution) তড়িদ্‌বিশ্লেষণ করিয়া বিশুদ্ধ অবস্থায় এরূপ ধাতু নিষ্কাশিত করা যায়। **কিন্তু ধাতু নিষ্কাশনের পদ্ধতিরূপে এবং ধাতু পরিশোধন বা বিশুদ্ধিকরণের উদ্দেশ্যেই প্রধানত তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতি কার্যকরী করা হয়।** সাধারণত যে ধাতু পরিশোধন করা হয় সেই ধাতুর একটি অপবিশুদ্ধ দণ্ড অ্যানোডরূপে এবং ধাতুর একটি বিশুদ্ধ পাত ক্যাথোডরূপে ব্যবহার করা হয়। তড়িদ্‌-বিশ্লেষ্য পদার্থ বা ইলেকট্রোলাইটরূপে ব্যবহার করা হয় অ্যাসিড মিশ্রিত ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণ।

কপার পরিশোধনের জন্য অপবিশুদ্ধ কপার অ্যানোড, বিশুদ্ধ কপার-পাত ক্যাথোডরূপে এবং কপার সালফেট দ্রবণ তড়িদ্‌বিশ্লেষণের জন্য ব্যবহার করা হয়।

কপার সালফেট ও জলের তড়িদবিয়োজন ও ইলেকট্রোড বিক্রিয়া:

$CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{++}+SO_4^{=}$, $H_2O \rightleftharpoons H^{+}+OH^{-}$
ক্যাথোড: $2Cu^{++}+4e \rightarrow 2Cu$ (বিশুদ্ধ কপার)
অ্যানোড: $4OH^{-}-4e \rightarrow 4OH \rightarrow 2H_2O+O_2 \uparrow$

জিংক পরিশোধনের জন্য অ্যানোডরূপে অশুদ্ধ জিংক (দস্তা), ক্যাথোডরূপে বিশুদ্ধ জিংক-পাত এবং ইলেক্‌ট্রোলাইটরূপে জিংক ক্লোরাইড ব্যবহার করা হয়। যথা:

$ZnCl_2$-এর তড়িদ্‌বিয়োজন: $ZnCl_2 \rightleftharpoons Zn^{++}+2Cl^{-}$
ক্যাথোড: $Zn^{++}+2e \rightarrow Zn$ (বিশুদ্ধ জিংক)
অ্যানোড: $2Cl^{-}-2e \rightarrow 2Cl \rightarrow Cl_2$ ↑ (ক্লোরিন)

4. **থারমিট পদ্ধতি** (Thermit process): অনেক ধাতুর অক্সাইড কার্বন দ্বারা বিজারিত করা যায় না। কারণ, এরূপ ক্ষেত্রে ধাতব কারবাইড যৌগ গঠিত হয় (যথা: ক্যালসিয়াম কারবাইড—CaC_2)। এরূপ ক্ষেত্রে অ্যালুমিনিয়াম ধাতুকে বিজারক দ্রব্যরূপে ব্যবহার করা হয়। **আবিষ্কারক বিজ্ঞানী**

গোল্ডস্মিথের নাম অনুযায়ী অ্যালুমিনিয়ামকে বিজারক দ্রব্য বা রিডিউসিং এজেন্টরূপে ব্যবহার করিয়া আয়রন, ম্যাঙ্গানীজ, ক্রোমিয়াম ইত্যাদি অকসাইড জাতীয় আকরিক হইতে ধাতু নিষ্কাশনের উপায়কে গোল্ডস্মিথের থারমিট পদ্ধতি (Goldschmidt's Thermit process) **বলা হয়।** আয়রন, ম্যাঙ্গানীজ, ক্রোমিয়াম, ভ্যানেডিয়াম, টাইটেনিয়াম ইত্যাদি ধাতু ইহাদের অক্সাইড হইতে থারমিট-পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত করা হয়। [বিবরণ আয়রন অধ্যায়ে দ্রষ্টব্য]

$$Cr_2O_3 + 2Al = Al_2O_3 + 2Cr$$

ক্রোমিক অক্সাইড ধাতব Al অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড ধাতব ক্রোমিয়াম

5 **সোডিয়াম বিজারণ পদ্ধতি** (Sodium-reduction process) **:** ইয়ুরেনিয়াম ও টাইটেনিয়াম জাতীয় ধাতুর ক্লোরাইড যৌগ উচ্চ তাপে সোডিয়াম দ্বারা বিজারিত করিয়া এরূপ ভারী মৌলিক পদার্থ নিষ্কাশিত করা যায়।

বিগালক ও ধাতুমল (Flux and slag) **: ধাতু নিষ্কাশন প্রক্রিয়ায় ধাতব আকরিকের সঙ্গে মিশ্রিত অবাঞ্ছিত ময়লা** (impurities) **রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিগলিত করিয়া অন্য যৌগরূপে অপসারণের উদ্দেশ্যে যে-সমস্ত বিকারক দ্রব্য ব্যবহার করা হয় তাহাদের বলা হয় বিগালক বা ফ্লাক্স্ এবং অপসারিত ময়লা সহ বিগলিত বস্তুরূপে যাহা অপসারিত হয় তাহাকে বলা হয় ধাতুমল বা শ্ল্যাগ। [ধাতুমল = বিকৃত বিগালক + আকরিকের ময়লা।]** লোহার অক্সাইড-জাতীয় আকরিকের (ore) সঙ্গে সিলিকা বা বালু মিশ্রিত থাকে। লোহা নিষ্কাশনের বিজারণ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে আকরিকের সঙ্গে বিগালকরূপে চুনা-পাথর (lime stone) মিশাইয়া ক্যালসিয়াম সিলিকেট রূপে এরূপ সিলিকা জাতীয় ময়লা অপসারিত করা হয়; যথা :

$$CaCO_3 + SiO_2 = CaSiO_3 + CO_2\uparrow$$

ক্যালসিয়াম কার্বনেট সিলিকা ক্যালসিয়াম সিলিকেট

ধাতু নিষ্কাশনের চুল্লী : ধাতু নিষ্কাশনে বিক্রিয়ার বিভিন্ন প্রণালী অনুযায়ী বিভিন্ন ধরনের চুল্লী ব্যবহার করা হয়। এরূপ চুল্লীগুলি মারুৎচুল্লী (Blast furnace), পরাবর্ত চুল্লী (Reverberatory furnace), সংবর্ত চুল্লী (Muffle furnace), বৈদ্যুতিক চুল্লী (Electric furnace) ইত্যাদি

নামে পরিচিত। [প্রয়োজনীয় ধাতু নিষ্কাশনের ক্ষেত্রে যথাসম্ভব সংক্ষেপে এরূপ চুল্লীর বর্ণনা দেওয়া হইয়াছে। বিস্তৃত বর্ণনা পাঠক্রমের অন্তর্ভুক্ত নয়।]

ধাতুর সাধারণ ধর্ম

(Common Properties of Metals)

প্রত্যেক ধাতুর নিজস্ব কতগুলি বিশেষ ধর্ম আছে, আবার কতগুলি সাধারণ ধর্মও আছে। বিভিন্ন ধাতুর সাধারণ ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মগুলি সংক্ষেপে অনুরূপ :

ভৌতধর্ম (Physical properties): (i) ধাতু দেখিতে চকচকে বা উজ্জ্বল। (ii) ধাতুকে আঘাত করিলে এক প্রকার বিশেষ ধাতব শব্দ হয়। (iii) নমনীয়তা ও সম্প্রসারণশীলতা গুণের জন্য ধাতুর পাত ও তার তৈরী করা যায়। কিন্তু অ্যান্টিমনি ও বিসমাথ ভঙ্গুর এবং পারদ তরল। (iv) পারদ স্বল্প মাত্রায় কিন্তু অন্য সব ধাতু তাপ ও তড়িতের উত্তম পরিবাহী। (v) ধাতুর ঘনত্ব বেশী। কিন্তু সোডিয়াম ও পটাসিয়াম জলের চেয়ে হাল্‌কা এবং ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ও অ্যালুমিনিয়ামের ঘনত্ব অন্য ধাতুর তুলনায় কম। (vi) পারদ ব্যতীত অন্য সব ধাতুর গলনাংক ও স্ফুটনাংক অ-ধাতুর চেয়ে অনেক বেশি। (vii) বিভিন্ন ধাতু একত্র গলাইয়া মিশ্র বা **সংকর** ধাতু (alloy) তৈরী করা যায়। ধাতুর ভৌত ধর্মের একটি তালিকা দেওয়া হইল।

ধাতু	ঔজ্জ্বল্য	তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবহণ	ঘনত্ব	গলনাংক	স্ফুটনাংক
পটাসিয়াম	রূপালী	উত্তম পরিবাহী	0·86	62°C	757°C
সোডিয়াম	’’	’	0·97	98°C	1107°C
অ্যালুমিনিয়াম	’	’’	2·7	660°C	1800°C
জিংক		’’	7·1	419°C	913°C
আয়রন	ধূসর	মধ্যম পরিবাহী	7·9	1527°C	3235°C
টিন	রূপালী	’’	7·3	232°C	2270°C
লেড	’’	’’	11·4	327°C	1755°C
মার্কারি	’’	অধম পরিবাহী	13·6	*	357°C
সিলভার	’’	সর্বোত্তম পরিবাহী	10·5	960°C	2152°C
কপার	লাল	উত্তম পরিবাহী	8·9	1083°C	2310°C

* মার্কারি −38·9°C তাপাংকে কঠিন অবস্থা প্রাপ্ত হয়।

ধাতুর তড়িৎ রাসায়নিক সারি

(Electro-chemical or Electro-motive series of Metals)

কপার সালফেট দ্রবণে একটি লোহার পাত ডুবাইলে দ্রবণ হইতে কপার অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং লোহা দ্রবণের মধ্যে দ্রবীভূত হইয়া যায়। এই অধঃক্ষিপ্ত তামা লোহার পাতে আস্তরণ বা সর ফেলে। অনুরূপভাবে সিলিভার নাইট্রেট দ্রবণে একটি জিংক দণ্ড ডুবাইলে দ্রবণের মধ্যে জিংক দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং সিলভার অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষিপ্ত সিলভার জিংক দণ্ডের উপরে সর বা আস্তরণ ফেলে। যথা :

$$Fe + CuSO_4 \rightarrow FeSO_4 + Cu\downarrow$$

আয়রন কপার সালফেট ফেরাস সালফেট অধঃক্ষিপ্ত কপার

$$Zn + 2AgNO_3 \rightarrow Zn(NO_3)_2 + 2Ag\downarrow$$

জিংক সিলভার নাইট্রেট জিংক নাইট্রেট অধঃক্ষিপ্ত সিলভার

পক্ষান্তরে ফেরাস সালফেট দ্রবণে কপার দণ্ড ডুবাইলে অথবা জিংক নাইট্রেট দ্রবণে সিলভার পাত ডুবাইলে কোন বিক্রিয়া ঘটে না অর্থাৎ আয়রন বা জিংক অধঃক্ষিপ্ত হয় না। ইহার কারণ কি ?

ধাতুর তড়িদ্ধর্ম (Electro-chemical character of Metals) : প্রশম বা নিউট্র্যাল ধাতব পরমাণু ইলেকট্রন বর্জন করিয়া আয়নে রূপান্তরিত হইলে পজেটিভ আয়ন গঠন করে। তাই, ধাতুমাত্রেই আয়নরূপে ক্যাটায়ন বা পজেটিভ আয়নে রূপান্তরিত হয়। যথা :

$$Na - e \rightarrow Na^+$$

সোডিয়াম পরমাণু পজেটিভ সোডিয়াম আয়ন

$$Zn - 2e \rightarrow Zn^{++}$$

জিংক পরমাণু পজেটিভ জিংক আয়ন

$$Fe - 3e \rightarrow Fe^{+++}$$

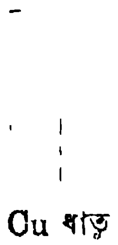
আয়রন পরমাণু পজেটিভ ফেরিক আয়ন

ধাতু এরূপ পজেটিভ আয়ন গঠন করে বলিয়া ধাতুমাত্রেই **পজেটিভ তড়িৎ-ধর্মী বা ইলেকট্রো-পজেটিভ** (Electro-positive), কিন্তু সমস্ত ধাতুর পজেটিভ তড়িদ্ধর্মের মাত্রা সমান নয়। দেখা যায়, কোন কোন ধাতুর ইলেকট্রন বর্জনের আগ্রহ তথা আয়ন গঠনের প্রবণতা (tendency) বেশি, পক্ষান্তরে কোন কোন ধাতুর কম। কোন ধাতব লবণ দ্রবণে যদি ধাতু-দণ্ড ডুবান যায় তাহা হইলে প্রশম ধাতু ইলেকট্রন বর্জন করিয়া পজেটিভ আয়নে পরিণত হয়।

যেমন, কপার সালফেট দ্রবণে কপার, জিংক ক্লোরাইড দ্রবণে জিংক বা সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে সিলভার দণ্ড ডুবাইলে যথাক্রমে পজেটিভ কপার আয়ন (Cu^{++}), জিংক আয়ন (Zn^{++}) এবং সিলভার আয়ন (Ag^{+}) গঠিত হয়। কিন্তু এরূপ বিভিন্ন ধাতুর ইলেকট্রন বর্জনের আগ্রহ বা আয়ন গঠনের প্রবণতা সমান নয়। বিভিন্ন ধাতুর এরূপ আয়ন গঠনের প্রবণতার মাত্রা নির্ণয় করা যায়।

[ধাতব লবণের সংস্পর্শে ধাতু দণ্ড ইলেকট্রন বর্জন করিয়া পজেটিভ আয়নে পরিণত হয়। এই পজেটিভ আয়ন দ্রবণে দ্রবীভূত হয় এবং ধাতু-দণ্ডে নেগেটিভ তড়িৎ কণাবাহী ইলেকট্রন থাকিয়া যায়। ধাতব পজেটিভ আয়ন ধাতব লবণে দ্রবীভূত হওয়ায় দ্রবণে পজেটিভ চার্জ উদ্‌বৃত্ত হয়। অপর পক্ষে ধাতব দণ্ডের গায়ে ইলেকট্রন সঞ্চিত হওয়ার ফলে ধাতুর মধ্যে নেগেটিভ চার্জ উদ্‌বৃত্ত হয়। এই বিপরীতধর্মী পজেটিভ ও নেগেটিভ চার্জের ব্যবধানে বা বৈষম্যে ধাতব দণ্ড ও দ্রবণের মধ্যে তড়িৎ-বিভবের (electrode-potential) উদ্ভব ঘটে। এরূপ তড়িৎ-বিভবকে বলা হয় তড়িদ্‌দ্বারের তড়িৎ-বিভব বা ইলেকট্রোড পোটেনশিয়াল (Electrode potential)। একটি উদাহরণ বিশ্লেষণে দেখা যায় :

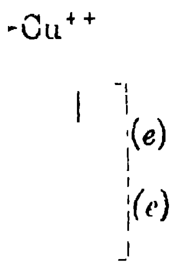
(i) কপার দণ্ড কপার সালফেট দ্রবণে স্থাপনের পূর্বে :



কপার পরমাণু (Cu) প্রশমিত কারণ ইহার পজেটিভ চার্জ (+) = নেগেটিভ চার্জ (−)

$CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{++} + SO_4^{=}$ বিয়োজিত কপার সালফেট দ্রবণ প্রশমিত কারণ কপার আয়নের পজেটিভ চার্জ $(+) = 2$, সালফেট আয়নের নেগেটিভ চার্জ $(-) = 2$.

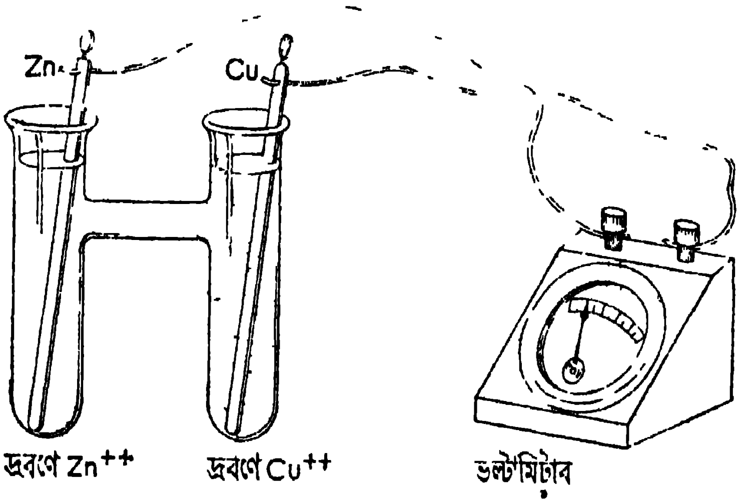
(ii) কপার দণ্ড কপার সালফেট দ্রবণে স্থাপনের পরে একটি কপার পরমাণু কপার আয়নে পরিণত হয় এবং কপার সালফেট দ্রবণে মিশিয়া যায়। যথা :



কপারের দণ্ডে দুইটি ইলেকট্রন সঞ্চিত হয় তাই দণ্ডে নেগেটিভ চার্জ [2(−)] উদ্‌বৃত্ত হয়।

$CuSO_4 \rightarrow Cu^{++} + SO_4^{=}$ কপার সালফেট দ্রবণে অতিরিক্ত একটি কপার আয়ন (Cu^{++}) মিশ্রিত হওয়ায় দ্রবণে দুই মাত্রা পজেটিভ চার্জ [2(+)] বৃদ্ধি পায়।

ধাতব দণ্ড ও ধাতব লবণের দ্রবণের মধ্যে এরূপ বিপরীতধর্মী তড়িতের বৈষম্যের ফলে তড়িদ্-বিভব বা ইলেকট্রোড পোটেনসিয়েলের (Electrode potential)

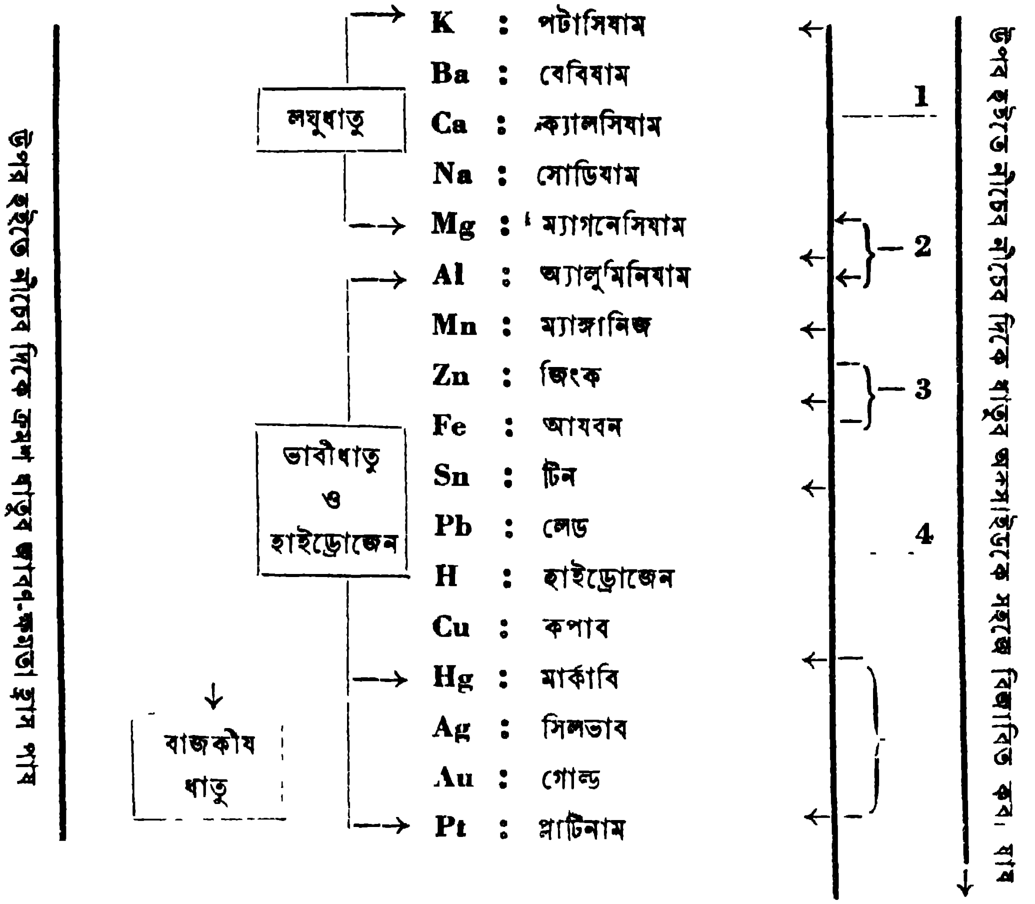


তড়িৎ-বৈষম্যের জন্য ইলেকট্রিক পোটেনসিয়াল সৃষ্টি

সৃষ্টি হয়। বিভিন্ন ধাতুর এরূপ তড়িদ্দ্বারের তড়িৎ বিভবের মাত্রা (Electrode potential) নির্ণয় করিয়া বিভিন্ন ধাতুর পজেটিভ তড়িদধর্ম বা ইলেকট্রো-পজেটিভ তড়িদ্ধর্মের মাত্রা নির্দেশ করা হয়।] *

তড়িৎ-রাসায়নিক সারি (Electro-chemical series) : বিভিন্ন ধাতুর তড়িদ্ধর্মের অর্থাৎ আয়ন গঠনের ক্ষমতা বা ইলেকট্রোমটিভ ফোর্সে'র (E. M. F.) ক্রমমাত্রা অনুযায়ী উচ্চতম পজেটিভ তড়িদ্ধর্মী ধাতু হইতে নিম্নতম পজেটিভ তড়িদ্ধর্মী ধাতুসমূহ উপরে-নীচে পর-পর সাজাইলে ধাতুসমূহের যে সারি বা সিরিজ (series) গঠিত হয় তাহাকে বলা হয় ধাতুর তড়িদ্-রাসায়নিক বা আয়ন গঠনাগ্রাহী সারি (Electro-chemical or Electro-motive series)। [পর পৃষ্ঠায় তড়িৎ-রাসায়নিক সারিতে শুধু কয়েকটি পরিচিত ধাতুকে দেখানো হইয়াছে]।

তড়িৎ-রাসায়নিক সারি
(Electro-chemical series)



K	:	পটাসিয়াম
Ba	:	বেরিয়াম
Ca	:	ক্যালসিয়াম
Na	:	সোডিয়াম
Mg	:	ম্যাগনেসিয়াম
Al	:	অ্যালুমিনিয়াম
Mn	:	ম্যাঙ্গানিজ
Zn	:	জিংক
Fe	:	আয়রন
Sn	:	টিন
Pb	:	লেড
H	:	হাইড্রোজেন
Cu	:	কপার
Hg	:	মার্কারি
Ag	:	সিলভার
Au	:	গোল্ড
Pt	:	প্লাটিনাম

উপর হইতে নীচের দিকে ক্রমশ ধাতুর আয়ন-ক্ষমতা হ্রাস পায়
লঘুধাতু
ভারীধাতু ও হাইড্রোজেন
রাজকীয় ধাতু
1
2
3
4
উপর হইতে নীচের নীচের দিকে ধাতুর অক্সাইডকে সহজে বিজারিত করা যায়

তড়িৎ-রাসায়নিক সারির গুরুত্ব (Importance of Electro-chemical series): (i) সারিবদ্ধ ধাতব মৌলগুলির ক্ষেত্রে নিম্নতর স্থান হইতে উচ্চতর স্থানে অবস্থিত মৌলের ইলেকট্রো-পজিটিভ তড়িৎ-ধর্ম বৃদ্ধি পায় বলিয়া পরপর ইহাদের ইলেকট্রন বর্জন তথা আয়ন গঠনের প্রবণতাও বেশি। (ii) উচ্চতর স্থানে অবস্থিত ধাতু কর্তৃক গঠিত যৌগের স্থায়িত্ব অধিকতর। (iii) **সারির উচ্চতর স্থানে অবস্থিত ধাতু নিম্নতর স্থানের ধাতুকে ইহাদের যৌগ হইতে প্রতিস্থাপনে সক্ষম।** (vi) উচ্চতর স্থানে অবস্থিত ধাতব মৌলের ইলেকট্রো-পজেটিভ ধর্ম অধিকতর বলিয়া ইহারা ইলেকট্রো-নেগেটিভ মৌলের প্রতি প্রবলতর আকর্ষণ বোধ করে এবং তীব্র ইলেকট্রো-পজেটিভ মৌল ও তীব্র ইলেকট্রো-নেগেটিভ মৌলের সংযোগে গঠিত যৌগের স্থায়িত্ব খুব বেশি হয়। এরূপ যৌগ তীব্র ইলেকট্রোলাইট বা বিশ্লেষ্য

পদার্থ বলিয়া ইহাদের তড়িৎ-বিয়োজন ক্ষমতাও বেশি। (v) **সারির উচ্চতর স্থানের ধাতব মৌলগুলির অক্সাইড প্রকৃতিতে তীব্র ক্ষারকীয়** (basic)।

তড়িৎ-রাসায়নিক সারি বিভিন্ন ধাতব মৌল ও ইহাদের যৌগের প্রকৃতি ও ধর্মের পরিচয় দানে বিশেষ সাহায্য করে। কোন ধাতব মৌল কিরূপ সক্রিয়, ইহাদের যৌগের স্থায়িত্ব কিরূপ, ইহাদের যৌগ ইলেকট্রোলাইট কিনা এবং তড়িদ্ বিশ্লেষ্য হইলে ইহাদের তড়িৎ-বিয়োজন ক্ষমতা কিরূপ, কোন্ কোন্ ধাতু অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপনে সক্ষম, ধাতব যৌগ হইতে কোন্ মৌল অপর কোন্ ধাতব মৌল দ্বারা অপসারিত হয়, কোন্ পদ্ধতি অবলম্বনে ধাতব আকরিক হইতে সহজে ধাতু নিষ্কাশন করা যায়, কোন ধাতুর জারণ বা বিজারণ ক্ষমতা কিরূপ,—বিভিন্ন ধাতব মৌলের ধর্ম সম্বন্ধে তড়িৎ-রাসায়নিক সারির সাহায্যে সুস্পষ্ট ধারণা করা যায়।

তড়িৎ-রাসায়নিক সারি ও ধাতুর রাসায়নিক ধর্ম

Electro-chemical series and general properties of metals

তড়িৎ-রাসায়নিক তালিকায় ধাতুর স্থান নির্ণয় করিয়া সাধারণভাবে বিভিন্ন ধাতুর রাসায়নিক ধর্মের নির্দেশ করা সম্ভব। সারির উচ্চতম স্থানের ধাতুগুলি বিশেষ সক্রিয় এবং নিম্নতম স্থানের ধাতুগুলির সক্রিয়তা খুব কম। **ধাতুর সক্রিয়তা** (Chemical reactivity) **সারির উপর হইতে নিচের দিকে অবস্থিত ধাতুর ক্ষেত্রে ক্রমশ হ্রাস পায়।** ধাতুর উপরে বায়ু, জল, অ্যাসিড ইত্যাদির বিক্রিয়ার ক্ষমতা বা রাসায়নিক সক্রিয়তাও উপর হইতে নিচের দিকে ক্রমশ হ্রাস পায়। বস্তুত, সারির সর্বোচ্চ স্থানে অবস্থিত পটাসিয়াম, সোডিয়াম ইত্যাদি অ্যালকালী বা ক্ষারীয় ধাতুগুলি সবচেয়ে সক্রিয়। পক্ষান্তরে সারির সর্বনিম্ন স্থানে অবস্থিত সোনা, রূপা, প্লাটিনাম ইত্যাদি 'নোবেল মেটাল' (noble metal) বা রাজকীয় ধাতুগুলি সবচেয়ে নিষ্ক্রিয়। ধাতব মৌলের ধর্ম নির্ণয়ে সারির গুরুত্বের কয়েকটি উদাহরণ :

1. প্রকৃতিতে ধাতুর প্রাপ্তি (Occurence in nature) :

(i) সারির উচ্চস্থানে অবস্থিত ধাতুগুলি খুব সক্রিয় ও ইলেকট্রো-পজেটিভ বলিয়া অধিক সহজে ইলেকট্রো-নেগেটিভ মৌল বা মূলকের সঙ্গে স্থায়ী যৌগ গঠন করে। তাই প্রকৃতিতে উচ্চস্থানের মৌল সমূহ মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। ইহারা স্থায়ী যৌগ গঠন করে বলিয়া কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে (ম্যাগনেসিয়াম ছাড়া) ইহাদের নিষ্কাশিত করা যায় না। ইহাদের যৌগগুলি তীব্র ইলেকট্রোলাইট (electrolyte) বলিয়া এরূপ ধাতু সমূহ তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত করা হয়। এরূপ মৌলের তালিকা :

পটাসিয়াম : K
বেরিয়াম : Ba
ক্যালসিয়াম : Ca
সোডিয়াম · Na
ম্যাগনেসিয়াম Mg
অ্যালুমিনিয়াম Al

প্রকৃতিতে এই ধাতুগুলি মৌল অবস্থায় পাওয়া যায় না, পাওয়া যায় স্থায়ী যৌগিক অবস্থায়। বিজারণ পদ্ধতিতে ইহাদের নিষ্কাশিত করা যায় না, এরূপ ধাতু নিষ্কাশিত করা হয় তাড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে।

(ii) যে সমস্ত ধাতুর সক্রিয়তা তথা ইলেকট্রো-পজেটিভ ধর্ম ক্ষারীয় বা ক্ষারীয় মৃত্তিকা (alkaline or alkali earth metal) ধাতুর চেয়ে অপেক্ষাকৃত কম সেই সমস্ত ধাতু প্রকৃতিতে প্রধানত অক্সাইড, সালফাইড এবং কার্বনেট রূপে পাওয়া যায়। এরূপ যৌগে সংযোগী মৌলের পারস্পরিক আসক্তি খুব প্রবল নয় বলিয়া বিজারণ পদ্ধতিতে (reduction process) ইহাদের নিষ্কাশিত করা যায়। ক্রমানুসারে এরূপ দ্বিতীয় শ্রেণীর ধাতুর তালিকা :

জিংক : Zn
আয়রন : Fe
টিন , Sn
লেড : Pb
কপার : Cu

মৌলরূপে প্রকৃতিতে ইহাদের পাওয়া যায় না,—পাওয়া যায় প্রধানত অক্সাইড বা সালফাইড যৌগ রূপে। কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে ইহাদের নিষ্কাশিত করা যায়। লেড কপার স্বতঃ-বিজারণ (self-reduction) পদ্ধতিতেও নিষ্কাশন করা হয়।

(iii) তড়িৎ-রাসায়নিক সারির সর্বনিম্ন স্থানে অবস্থিত ধাতুগুলির সক্রিয়তা তথা ইলেকট্রো-পজেটিভ ধর্ম খুব কম বলিয়া প্রকৃতিতে ইহাদের মৌল অবস্থায় পাওয়া যায়। ইহাদের প্রাকৃতিক যৌগের গঠন-শিথিল বলিয়া সহজেই ইহাদের বিজারিত করা যায়। ক্রমানুসারে এরূপ ধাতুর তালিকা :

কপার	:	Cu
মার্কারী	:	Hg
সিলভার	:	Ag
গোল্ড	:	Au
প্লাটিনাম	:	Pt

প্রকৃতিতে ইহাদের মৌলাবস্থায় পাওয়া যায়। ইহাদের যৌগের গঠন শিথিল। তাই এরূপ ধাতুর নিষ্কাশন সহজসাধ্য।

2 **ধাতুর উপর বায়ুর বিক্রিয়া** (Action of air) (i) তড়িৎ-রাসায়নিক সারির উচ্চতম স্থানে অবস্থিত এই হালকা ও তীব্র ইলেকট্রো-পজেটিভ ধাতুগুলি বায়ুর সঙ্গে স্বাভাবিক তাপে বিক্রিয়া ঘটাইয়া বিশেষ স্থায়ী অক্সাইড গঠন করে। বায়ুতে দ্রুত বিক্রিয়ার ফলে ইহাদের উপরে অক্সাইডের একটি আস্তরণ পড়ে বলিয়া শুষ্ক বায়ুতে বাস্তব ক্ষেত্রে ইহাদের বিক্রিয়া সুরু হইয়াই বন্ধ হইয়া যায়। তাই, ইহাদের বিক্রিয়ার জন্য আর্দ্র বায়ুর প্রয়োজন। বিক্রিয়া :

পটাসিয়াম	:	K
বেরিয়াম	,	Ba
ক্যালসিয়াম		Ca
সোডিয়াম		Na

$$4Na + O_2 = 2Na_2O\ , \quad 2Ca + O_2 = 2CaO$$

(ii) বিজারণ পদ্ধতিতে কার্বন, হাইড্রোজেন বা কার্বন মনোক্সাইড দ্বারা ইহাদের অক্সাইড হইতে ধাতু নিষ্কাশন করা যায় না। ইহাদের যৌগ হইতে ধাতু নিষ্কাশন করা হয় তড়িদ্-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে। লঘু ধাতুর অক্সাইড জলের সঙ্গে দ্রবণীয় হাইড্রোক্সাইড গঠন করে এবং এরূপ ধাতব হাইড্রোক্সাইড ক্ষারধর্মী (alkali)।

$$K_2O + H_2O = 2KOH$$

$$Na_2O + H_2O = 2NaOH$$

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

(iii) অপেক্ষাকৃত মধ্যবর্তীস্থানের কম সক্রিয় ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম, ম্যাঙ্গানিজ ও জিংকের সঙ্গে বায়ুর বিক্রিয়া খুব ধীরে ধীরে ও সামান্যভাবে ঘটে। তাপের প্রভাবে অকসাইড গঠন ত্বরান্বিত হয়। এরূপ ধাতুর অকসাইড স্থায়ী। ইহাদের সাধারণত হাইড্রোজেন বা কার্বন দ্বারা বিজারিত করা যায় না, কিন্তু কার্বন মনোক্সাইড বা সোডিয়াম দ্বারা বিজারিত করা যায়। ম্যাগনেসিয়াম ও অ্যালুমিনিয়াম যৌগ হইতে ধাতু নিষ্কাশন করা হয় প্রধানত তড়িদ্-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে। ইহাদের হাইড্রোক্সাইড অদ্রবণীয় বলিয়া ক্ষারধর্মী নয়, ক্ষারকীয় ধর্মী।

ম্যাগনেসিয়াম	Mg
অ্যালুমিনিয়াম	Al
ম্যাঙ্গানীজ	Mn
জিংক	Zn

$$4Al+3O_2 \rightarrow 2Al_2O_3$$

(iv) অপেক্ষাকৃত নিম্নতর স্থানের কম ইলেকট্রো-পজেটিভ ভারী ধাতু (Heavy metals) আয়রন, টিন, লেড ইত্যাদি ধাতু অক্সিজেনের সঙ্গে সহজে বিক্রিয়া ঘটাইতে সক্ষম হয় না। ইহাদের অকসাইড গঠনের জন্য উচ্চতাপ প্রয়োজন। এরূপ ধাতুর অক্সাইড কার্বন, কার্বন মনোক্সাইড বা হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত করিয়া ধাতু নিষ্কাশিত করা যায়। কারণ, এরূপ ধাতুর অকসাইড অপেক্ষাকৃত কম সুদৃঢ়। এরূপ ধাতুর হাইড্রোক্সাইড অদ্রবণীয়।

আয়রন	Fe
টিন	Sn
লেড	Ph
কপার	Cu

$$2Cu+O_2 \rightarrow 2CuO \text{ (উচ্চতাপ)}$$

(v) সারির নিম্নতম স্থানে অবস্থিত সবচেয়ে কম ইলেকট্রো-পজেটিভ রাজকীয় ধাতু বা নোবেল মেটাল মার্কারী সিলভার, গোল্ড ও প্লাটিনাম (মার্কারী ব্যতীত) প্রত্যক্ষভাবে অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া অক্সাইড গঠনে অক্ষম। ইহাদের ক্লোরাইড বা অন্যান্য যৌগ উত্তপ্ত করিয়া অক্সাইড গঠন করা যায়। উচ্চতাপে এরূপ অক্সাইড ভাঙ্গিয়া মৌলে পরিণত হয়। কারণ, ইহাদের গঠন খুব শিথিল।

মার্কারী	Hg
সিলভার	Ag
গোল্ড	Au
প্লাটিনাম	Pt

$$2Hg+O_2 \xrightarrow{\text{তাপ}} 2HgO \xrightarrow{\text{উচ্চতাপ}} 2Hg+O_2\uparrow$$

$$4Ag+O_2 \xrightarrow{\text{তাপ}} 2Ag_2O \xrightarrow{\text{উচ্চতাপ}} 4Ag+O_2\uparrow$$

পটাসিয়াম	K
বেরিয়াম	Ba
ক্যালসিয়াম	Ca
সোডিয়াম	Na
ম্যাগনেসিয়াম	Mg

3. **ধাতুর উপর জলের বিক্রিয়া** (Action of water) : (i) সারির উচ্চস্থানের এই ক্ষারীয় এবং অনেকাংশে ক্ষারকীয় ধাতুগুলি জলের সঙ্গে তীব্রভাবে বিক্রিয়া ঘটাইয়া দ্রবণীয় হাইড্রোকসাইড বা ক্ষার এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। পটাসিয়ামের বিক্রিয়া এত তীব্রভাবে ঘটে যে ইহা জলের সংস্পর্শে জ্বলিয়া ওঠে।

$$2K+2H_2O=2KOH+H_2\uparrow,\quad Ca+2H_2O=Ca(OH)_2+H_2\uparrow$$

(ii) ম্যাগনেসিয়ামও জলের সঙ্গে স্বাভাবিক তাপেই বিক্রিয়া ঘটায় বিক্রিয়ার উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোকসাইড $[Mg(OH)_2]$ জলে অদ্রবণীয় বলিয়া ধাতুর উপরে প্রলেপ রূপে সঞ্চিত হইয়া অতিরিক্ত বিক্রিয়া বন্ধ করিয়া দেয়। উত্তাপে জলের সঙ্গে ম্যাগনেসিয়ামের বিক্রিয়া ঘটে।

$$Mg+2H_2O \xrightarrow{\text{তাপ}} Mg(OH)_2+H_2\uparrow \rightarrow MgO+H_2O+H_2\uparrow$$

অ্যালুমিনিয়াম	Al
ম্যাঙ্গানীজ	Mn
জিংক	Zn
আয়রণ	Fe
টিন	Sn
লেড	Pb

(iii) সারির মধ্যবর্তী স্থানে অবস্থিত ভারী ধাতু শ্রেণীভুক্ত এই ধাতুগুলি উচ্চতাপে বাষ্পের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোজেন ও অদ্রবণীয় অকসাইড বা হাইড্রকসাইড গঠন করে। অনেক ক্ষেত্রে এরূপ অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইড ধাতুর উপরে প্রলেপ ফেলিয়া ধাতুকে রক্ষা করে বলিয়া বাষ্পের বিক্রিয়া খুব ধীরে ধীরে ঘটিয়া থাকে।

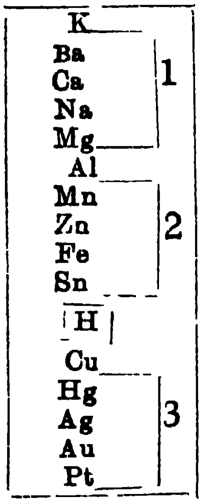
$$2Al+6H_2O=2Al(OH)_3+3H_2\uparrow$$

$$3Fe+4H_2O=Fe_3O_4+4H_2\uparrow$$

কপার	Cu
মার্কারী	Hg
সিলভার	Ag
গোল্ড	Au
প্লাটিনাম	Pt

(iv) হাইড্রোজেনের নিচে অবস্থিত এই অতি ভারী নিষ্ক্রিয় ধাতুগুলি উচ্চ তাপেও বাষ্পের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইতে পারে না। এরূপ মৌলের পরমাণুর আয়তন খুব কম বলিয়া ইহারা নিষ্ক্রিয়।

4. **ধাতুর সঙ্গে অ্যাসিডের বিক্রিয়া** (Action of acid on metals): **তড়িৎ-রাসায়নিক তালিকায় অবস্থিত হাইড্রোজেনের উপর অবস্থিত সমস্ত ধাতু লঘু অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোজেন অপসারিত তথা উৎপন্ন করিতে পারে।** কিন্তু হাইড্রোজেনের নিচে অবস্থিত কপার, সিলভার, গোল্ড ইত্যাদি ধাতু অ্যাসিডের সঙ্গে এরূপ বিক্রিয়া ঘটাইতে অক্ষম। হাইড্রোজেনের নিচে অবস্থিত ধাতুর লবণ হইতে হাইড্রোজেনের পক্ষে এই সব ধাতু প্রতিস্থাপিত করা উচিত। কিন্তু সাধারণত ইহা ঘটে না। প্যালাডিয়াম বা প্লাটিনাম দ্বারা হাইড্রোজেন শোষণ করিয়া বা উচ্চ চাপে অনেক ক্ষেত্রে এরূপ বিক্রিয়া ঘটান সম্ভব।



পটাসিয়াম, সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম ইত্যাদি ক্ষারধর্মী বা অনেকাংশে ক্ষারধর্মী ধাতুগুলি বিস্ফোরণের আকারে অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায়। মধ্যম-ভারী ধাতু অ্যালুমিনিয়াম, জিংক, আয়রন ইত্যাদি ধাতু বিক্রিয়ায় গঠিত লবণ যদি ধাতুর উপরে আচ্ছাদক (protective) প্রলেপ না ফেলে তবে এরূপ বিক্রিয়া তীব্র বেগে অনুষ্ঠিত হয়। ধাতু ও অ্যাসিডের এরূপ বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

ধাতুর উপরে অ্যাসিডের বিক্রিয়া (ক) অ্যাসিডের তীব্রতা, (খ) অ্যাসিডের ঘনত্ব (গ) বিক্রিয়ার তাপ (ঘ) ধাতুর বিশুদ্ধতা এবং (ঙ) অন্য ধাতুর সংযোগের উপরে নির্ভর করে। মৃদু (weak) কার্বনিক অ্যাসিডের (H_2CO_3) বা অ্যাসিটিক অ্যাসিড (CH_3COOH) খুব ধীরে ধীরে ধাতুর উপরে বিক্রিয়া ঘটায়। এরূপ বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ধাতব লবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে এবং অনেক ক্ষেত্রে অদ্রবণীয় লবণ বা যৌগ ধাতুর উপরে আচ্ছাদক প্রলেপ ফেলিয়া অ্যাসিডের ক্রিয়া বন্ধ করিয়া দেয়। বিশেষ ঘন (concentrated) অ্যাসিডের সঙ্গে ধাতুর বিক্রিয়া ঘটে না অথবা খুব ধীরে ধীরে ঘটে, কারণ ধাতুর উপরে উৎপন্ন লবণ বা অক্সাইডের আচ্ছাদক প্রলেপ পড়ে। উত্তপ্ত ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড বা নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোনা বা প্লাটিনাম ব্যতীত অন্যান্য ভারী ধাতু সালফার ডাই-অক্সাইড বা নাইট্রোজেন অক্সাইড

(SO_2 বা NO_2, NO) গঠন করে। উত্তাপে অ্যাসিডের উপরে ধাতুর বিক্রিয়া বৃদ্ধি পায়। লোহা বা সীসার উপরে শীতল ও ঘন অ্যাসিডের বিক্রিয়া নাই, কিন্তু উত্তপ্ত অ্যাসিডে বিক্রিয়া ঘটে। বিশুদ্ধ ধাতু অনেক ক্ষেত্রে অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইতে সক্ষম। বিশুদ্ধ জিংক সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইতে অক্ষম। ধাতুর সঙ্গে যদি কার্বন বা নিম্নতর স্থানের অন্য কোন ধাতু যুক্ত থাকে (জিংক কপার কাপল) তবে অ্যাসিডের বিক্রিয়া তীব্রবেগে অনুষ্ঠিত হয়। ধাতু ও অ্যাসিডের বিক্রিয়া :

$$2Na+2HCl=2NaCl+H_2\ ,\ Zn+2HCl=ZnCl_2+H_2$$

$$2Al+6HCl=2AlCl_3+3H_2\ ,\ Fe+H_2SO_4=FeSO_4+H_2$$

তাপ প্রয়োগ বিক্রিয়া (Action of hot acid) :

$$Zn+2H_2SO_4=ZnSO_4+2H_2O+SO_2\uparrow$$

$$2Al+6H_2SO_4=Al_2(SO_4)_3+3SO_2\uparrow+6H_2O$$

$$2Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+2H_2O+SO_2\uparrow$$

5. **ধাতুদ্বারা ধাতু প্রতিস্থাপন** (Displacement of a metal) : তড়িৎ রাসায়নিক সারির ক্রম (order) অনুযায়ী উচ্চতর স্থানে অবস্থিত ধাতুগুলি নিম্নতর স্থানে অবস্থিত ধাতু হইতে অপেক্ষাকৃত অধিকতর পজেটিভ তড়িদ্‌ধর্মী (more electro-positive)। উচ্চতর পজেটিভ তড়িদ্‌ধর্মী ধাতুগুলির ইলেকট্রন বর্জনের আগ্রহ বা আয়ন গঠনের প্রবণতা নিম্নতর পজেটিভ তড়িদ্‌ধর্মী ধাতু হইতে অধিকতর। তাই, **তড়িৎ-রাসায়নিক সারির ক্রম অনুযায়ী উচ্চতর স্থানে অবস্থিত অধিকতর পজেটিভ তড়িদ্‌ধর্মী ধাতু নিম্নতর স্থানের অপেক্ষাকৃত কম পজেটিভ তড়িদ্‌ধর্মী ধাতুর লবণ হইতে সেই ধাতুকে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে। কিন্তু নিম্নতর স্থানের অপেক্ষাকৃত কম পজেটিভ তড়িদ্‌ধর্মী ধাতু উচ্চতর স্থানের অধিকতর পজেটিভ তড়িদ্‌ধর্মী ধাতু প্রতিস্থাপিত করিতে পারে না।**

সারির উচ্চতর স্থানে অবস্থিত অধিকতর পজেটিভধর্মী ম্যাগনেসিয়াম বা অ্যালুমিনিয়াম বা জিংক আয়রন সালফেট দ্রবণ হইতে নিম্নতর স্থান ও পজেটিভ ধর্মের আয়রন ধাতুকে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে। কিন্তু আয়রন উল্লিখিত ধাতুর লবণ হইতে কোন ধাতুকে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে না।

পক্ষান্তরে অপেক্ষাকৃত উচ্চতর স্থান তথা পজেটিভ তড়িদ্‌ধর্মী আয়রন সারির নিম্নতর স্থান তথা পজেটিভ তড়িদ্‌ধর্মী টিন, লেড, কপার ও সিলভারের লবণ হইতে এই সমস্ত ধাতু প্রতিস্থাপিত করিতে পারে। কিন্তু বিপরীতমুখী বিক্রিয়া সম্ভব হয় না।

মার্কারী বা সিলভারের তুলনায় অপেক্ষাকৃত উচ্চস্থানে অবস্থিত অধিকতর পজেটিভ তড়িদ্‌ধর্মী কপার, মার্কারী বা সিলভারের লবণ হইতে মার্কারী বা সিলভার প্রতিস্থাপিত করিতে পারে কিন্তু মার্কারী বা সিলভার কপার প্রতিস্থাপিত করিতে পারে না।

(i) ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম বা জিংক দ্বারা আয়রন প্রতিস্থাপন :

$$Mg+Fe^{++}SO_4^{=} \qquad Fe\downarrow + Mg^{++} + SO_4^{=}$$

$$Mg-2e \rightarrow Mg^{++} \qquad Fe^{++} + 2e \rightarrow Fe\downarrow$$

$$2Al+3Fe^{++}+3SO_4^{=} \longrightarrow 3Fe\downarrow + 2Al^{+++} + 3SO_4^{=}$$

$$2Al-6e \rightarrow 2Al^{+++} \longrightarrow 3Fe^{++} + 6e \rightarrow 3Fe\downarrow$$

$$Zn+Fe^{++} + SO_4^{=} \longrightarrow Fe\downarrow + Zn^{++} + SO_4^{=}$$

$$Zn-2e \rightarrow Zn^{++} \qquad Fe^{++} + 2e \rightarrow Fe\downarrow$$

(ii) আয়রন দ্বারা টিন, লেড, কপার বা সিলভার প্রতিস্থাপন

$$Fe+Pb^{++} + 2NO_3^{-} \longrightarrow Pb\downarrow + Fe^{++} + 2NO_3^{-}$$

$$Fe-2e \rightarrow Fe^{++} \qquad Pb^{++} + 2e \rightarrow Pb\downarrow$$

$$Fe+Cu^{++} + SO_4^{=} \longrightarrow Cu\downarrow + Fe^{++} + SO_4^{=}$$

$$Fe-2e \rightarrow Fe^{++} \qquad Cu^{++} + 2e \rightarrow Cu\downarrow$$

$$Fe+2Ag^{+} + 2NO_3^{-} \longrightarrow 2Ag\downarrow + Fe^{++} + 2NO_3^{-}$$

$$Fe-2e \rightarrow Fe^{++} \longrightarrow 2Ag^{+} + 2e \qquad 2Ag\downarrow$$

(iii) কপার দ্বারা মার্কারী বা সিলভার প্রতিস্থাপন ,

$$Cu+Hg^{++} + 2NO_3^{-} \longrightarrow Hg\downarrow + Cu^{++} + 2NO_3^{-}$$

$$Cu-2e \rightarrow Cu^{++} \qquad Hg^{++} + 2e \rightarrow Hg\downarrow$$

$$Cu+2Ag^{+} + 2NO_3^{-} \longrightarrow 2Ag\downarrow + Cu^{++} + 2NO_3^{-}$$

$$Cu-2e \rightarrow Cu^{++} \longrightarrow 2Ag^{+} + 2e \rightarrow 2Ag\downarrow$$

6. **ধাতুর বিজারণ ক্ষমতা** (Reducing property of metal) : তড়িৎ-রাসায়নিক সারির উচ্চতম স্থানে অবস্থিত ক্ষারীয় ধাতুর প্রবল বিজারণ-ধর্ম বর্তমান কিন্তু নিম্নতম স্থানের ভারী ধাতুগুলির বিজারণ ক্ষমতা নাই। সোডিয়াম ও পটাসিয়াম তীব্র বিজারণ-ধর্মী কিন্তু কপার বা সিলভারের কোন বিজারণ ক্ষমতা নাই। সোডিয়াম বিজারণ ধর্মের জন্য ইহা অ্যালুমিনিয়াম যৌগ হইতে অ্যালুমিনিয়াম এবং লোহার তুলনায় অ্যালুমিনিয়ামের অপেক্ষাকৃত উচ্চতর বিজারণ ধর্মের জন্য ইহা লোহা নিষ্কাশন করিতে সক্ষম। যথা :

$$3Na + AlCl_3 = Al + 3NaCl \qquad 2Al + Fe_2O_3 = Fe + Al_2O_3$$

7 **ধাতুর উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া** (Action of HNO_3) : হাইড্রোজেনের চেয়ে উচ্চতর ইলেকট্রো-পজেটিভ ধাতুর সঙ্গে অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় সাধারণত হাইড্রোজেন তৈরী হয়। কিন্তু নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটে অন্যভাবে। নাইট্রিক অ্যাসিড সোনা বা প্লাটিনামের উপর কোন বিক্রিয়া ঘটাইতে পারে না। শুধু ম্যাগনেসিয়াম ধাতু নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। যথা :

$$Mg + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2\uparrow$$

কিন্তু অন্য সব ধাতু নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় নাইট্রেট লবণ, জল ও নাইট্রোজেনের অক্সাইড বা নাইট্রোজেন এবং কোন কোন ক্ষেত্রে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট লবণ তৈরী করে। **নাইট্রিক অ্যাসিড একটি উচ্চ-ক্ষমতাসম্পন্ন জারক দ্রব্য। নাইট্রিক অ্যাসিডের জারণ ক্ষমতার জন্য এরূপ ধরনের বিক্রিয়া ঘটে।** যথা :

Cu (তপ্ত) $+ 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2H_2O + 3NO_2\uparrow$

[নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে ধাতুর বিক্রিয়ার বিস্তৃত বিবরণ দ্বিতীয় ভাগে নাইট্রিক অ্যাসিড অধ্যায়ে দ্রষ্টব্য]।

8. **ধাতুর উপরে ক্ষার তথা কস্টিক সোডার** (NaOH) **বিক্রিয়া** (Action of Caustic Soda) : জিংক, অ্যালুমিনিয়াম এবং টিন সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ইহা ব্যতীত অন্যান্য ধাতুর উপরে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের বিশেষ কোন বিক্রিয়া নাই।

$Zn + 2NaOH = Na_2ZnO_2$ (সোডিয়াম জিংকেট) $+ H_2\uparrow$

$2Al + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 + 3H_2\uparrow$(সোডিয়াম অ্যালুমিনেট)

$Sn + 2NaOH = Na_2SnO_2$ (সোডিয়াম স্ট্যানাইট) $+ H_2\uparrow$

9. **ধাতুর উপর ক্লোরিনের বিক্রিয়া** (Action of Chlorine): ক্লোরিন একটি তীব্র নেগেটিভ তড়িদ্‌ধর্মী অ-ধাতু। ক্লোরিন গ্যাসের মধ্যে স্বাভাবিক পজেটিভ তড়িদ্‌ধর্মী কপার, সোডিয়াম, পটাসিয়াম, এবং উত্তপ্ত ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম, জিংক ও টিন উজ্জ্বল দীপ্তিতে জ্বলিয়া ওঠে এবং ধাতুর ক্লোরাইড যৌগ গঠন করে। প্লাটিনাম জাতীয় ধাতু ব্যতীত অন্য সমস্ত ধাতু ক্লোরিনের সঙ্গে উত্তপ্ত করিয়া ক্লোরাইড গঠন করা যায় যথা:

$$2Na + Cl_2 = 2NaCl \qquad Mg + Cl_2 = MgCl_2$$

$$Cu + Cl_2 = CuCl_2 \qquad 2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3$$

10. **সালফারের সঙ্গে ধাতুর বিক্রিয়া**: সোনা ও প্লাটিনাম ব্যতীত সমস্ত ধাতু সালফারের সঙ্গে উত্তপ্ত করিয়া সালফাইড যৌগ গঠন করা যায়। যথা:

$$Fe + S = FeS\ ,\ Hg + S = HgS$$

11. **অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইড**: প্রায় সমস্ত ধাতুই অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইড যৌগ গঠন করে। কোন কোন ধাতু একাধিক অক্সাইড গঠন করে। যথা: Na_2O, Na_2O_2, FeO, Fe_2O_3, Fe_3O_4, Pb_2O, PbO, Pb_2O_3, PbO_2, Pb_3O_4, CuO, Cu_2O ইত্যাদি।

হাইড্রক্সাইড—$NaOH$, $Ca(OH)_2$, $Al(OH)_3$; $Fe(OH)_2$, $Fe(OH)_3$ ইত্যাদি।

12. **ধাতুর লবণ** (Salts of metal): ধাতু প্রধানত **ক্লোরাইড, সালফাইড, কার্বনেট, নাইট্রেট, সালফেট, ফস্‌ফেট ও সিলিকেট** ইত্যাদি লবণ গঠন করে। যথা:

ক্লোরাইড—$NaCl$, $CaCl_2$ $MgCl_2$, $ZnCl_2$, $AlCl_3$, $FeCl_2$, $FeCl_3$, $CuCl$, $CuCl_2$, $PbCl_2$, $SnCl_2$, $SnCl_4$ ইত্যাদি।

সালফাইড—Na_2S CaS, MgS, ZnS, FeS, PbS ইত্যাদি।

কার্বনেট—Na_2CO_3, $MgCO_3$, $CaCO_3$, $ZnCO_3$, $FeCO_3$ ইত্যাদি।

নাইট্রেট—$NaNO_3$, $Cu(NO_3)_2$, $Zn(NO_3)_2$, $Pb(NO_3)_2$ ইত্যাদি।

সালফেট—Na_2SO_4, $MgSO_4$, $CaSO_4$, $CuSO_4$, $ZnSO_4$, $Al_2(SO_4)_3$, $PbSO_4$ ইত্যাদি।

ফস্ফেট—$Ca_3(PO_4)_2$, $Fe_3(PO_4)_2$, Na_3PO_4, $FePO_4$, $Mg_3(PO_4)_2$, $AlPO_4$ ইত্যাদি।

সিলিটকে—Na_2SiO_3, $CaSiO_3$, $MgSiO_3$ ইত্যাদি।

12. **ধাতব লবণের দ্রবণীয়তা** (Solubility of metallic salts): (i) সোডিয়াম, পটাসিয়াম ও অ্যামোনিয়ামের সমস্ত লবণ, (ii) প্রতিটি ধাতুর নাইট্রেট লবণ, (iii) সিলভার, লেড এবং মারকিউরিয়াস ক্লোরাইড (AgCl, $PbCl_2$ ও HgCl) ব্যতীত সমস্ত ধাতুর ক্লোরাইড লবণ, (iv) লেড ও বেরিয়াম সালফেট ($PbSO_4$, $BaSO_4$) ইত্যাদি কয়েকটি সালফেট ব্যতীত সমস্ত ধাতুর সালফেট লবণ জলে কম-বেশী দ্রবণীয়। ক্যালসিয়াম, মার্কারী ও সিলভার সালফেট সামান্য দ্রবণীয়। সোডিয়াম ও পটাসিয়ামের লবণ এবং অ্যামোনিয়ামের সমস্ত ফসফেট ও সিলিকেট লবণ জলে অদ্রবণীয়। (vi) ক্ষারীয় ধাতু ব্যতীত সমস্ত ফসফেট ও সিলিকেট লবণ জলে অদ্রবণীয়। (vii) শুধুমাত্র ক্ষারীয় ধাতুর অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইড জলে দ্রবণীয় এবং ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড সামান্য দ্রবণীয়

বিভিন্ন ধাতুর ধর্ম বিশ্লেষণে দেখা যায় যে প্রধানত,—(i) অক্সিজেন বা বায়ু, (ii) জল, (iii) অ্যাসিড, (iv) ক্ষার, (v) ক্লোরিন ও (vi) সালফারের সঙ্গে বিক্রিয়ার ফলাফল ও তাৎপর্য দ্বারাই ধাতুর সাধারণ রাসায়নিক ধর্মের পরিচয় জানা যায়।

ধাতু-সংকর বা 'অ্যালয়' (Alloy)

ধাতু-সংকর (Alloy): বিভিন্ন ধাতু যেমন এককভাবে ব্যবহার করা হয়, সেইরূপ বিভিন্ন ধাতু বিভিন্ন পরিমাণে মিশ্রিত করিয়াও ব্যবহার করা যায়। **একাধিক ধাতুর সমসত্ত্ব বা অসমসত্ত্ব** (homogeneous or heterogeneous) **মিশ্রণকে বলা হয় 'ধাতু-সংকর' বা 'অ্যালয়'**।

মুদ্রা প্রস্তুতির ধাতু তামা ও রূপার সমসত্ত্ব মিশ্রণ। এরূপ মিশ্রণকে **কঠিন দ্রবণও** (solid solution) বলা হয়।

ধাতু-সংকর কোন একক মৌলিক বা যৌগিক পদার্থ নয়,—একাধিক ধাতুর মিশ্রণ মাত্র। ধাতু-সংকরের মধ্যে বিভিন্ন ধাতুর উপাদান কখনও সমসত্ত্ব (homogeneous), কখনও অসমসত্ত্ব (heterogeneous) অবস্থায় বর্তমান বা মিশ্রিত থাকে। **দুইটি কঠিন পদার্থ যদি সম-অনুপাতে তথা**

সম-সত্বভাবে মিশ্রিত থাকে তাহা হইলে এরূপ মিশ্রণকে কঠিন দ্রবণ (Soild solution) **বলা হয়।** সাধারণত অধিকাংশ ধাতু-সংকর অসমসত্বভাবে গঠিত।

অ্যামালগাম (Amalgam): **মিশ্র ধাতুর একটি উপাদান যদি পারদ (মার্কারি) হয় তবে সেই ধাতু-সংকরকে অ্যামালগাম বা পারদ সংকর বলা হয়।** রূপার পারদ-সংকর দাঁতের চিকিৎসায়, টিনের পারদ-সংকর আয়না লেপনে এবং সোডিয়াম ও অ্যালুমিনিয়ামের পারদ-সংকর রাসায়নিক বিকারক বা রি-এজেন্ট (reducing agent) রূপে ব্যবহার করা হয়।

ধাতু-সংকরের প্রস্তুতি ও ব্যবহার আগেও জানা ছিল। কপার ও টিনের ধাতু-সংকররূপে ব্রোঞ্জ (bronze) এবং তামা ও দস্তার ধাতু-সংকর রূপে কাঁসা (brass) প্রাচীনকালেও ব্যবহৃত হইত।

ইস্পাত সংকর (Alloy steel): বর্তমানে **বিভিন্ন অনুপাতে লোহার সঙ্গে ম্যাঙ্গানীজ, নিকেল, ক্রোমিয়াম, ভ্যানেডিয়াম, মলেবডেনাম ইত্যাদি মিশ্রিত করিয়া যে ধাতু-সংকর তৈরী করা হয় তাহাকে ইস্পাত-সংকর** (Alloy Steel) **বলা হয়।** এরূপ ইস্পাত দ্বারা দ্রুতগামী যানবাহনের যন্ত্র, মোশন, চূর্ণন যন্ত্র, কলংকহীন ইস্পাত (stainless steel) ইত্যাদি তৈরী করা হয় এবং ডাক্তারী ও বিজ্ঞানের বিভিন্ন তীক্ষ্ণ ও মজবুত যন্ত্রপাতিও নির্মাণ করা হয়। ম্যাগনেসিয়াম ও অ্যালুমিনিয়ামের ধাতু-সংকর দ্বারা বিমান এবং দ্রুতগামী যানবাহন তৈরী হয়। সীসা, টিন ও অ্যান্টিমনি মিশ্রিত করিয়া তৈরী করা হয় ছাপার টাইপ ও ব্লক।

ধাতুর সংকর নির্মাণের প্রগতির ফলে ধাতুর দৃঢ়তা, কাঠিন্য, নমনীয়তা, গাঢ়ত্ব ইত্যাদি বাড়াইয়া বা কমাইয়া প্রাকৃতিক ধাতুর ব্যবহারে প্রভূত উন্নতি সাধন করা সম্ভব হইয়াছে এবং ধাতুকে জলবায়ুর প্রকোপ হইতে রক্ষা করার ব্যবস্থা করাও সম্ভব হইয়াছে।

ধাতু-সংকর প্রস্তুতি (Preparation of Alloys): ধাতু সংকর নির্মাণ করা হয় সাধারণত

(1) দুইটি ধাতুকে প্রয়োজনীয় অনুপাতে আলাদাভাবে গলাইয়া এবং গলিত অবস্থায় ধাতু দুইটিকে একসঙ্গে মিশ্রিত এবং শীতল করিয়া,

(ii) প্রয়োজনীয় অনুপাতে দুইটি ধাতুকে একত্রে বিগলিত (fused) করিয়া।

ধাতু-সংকর তৈরীর এই দুইটি উপায়ই প্রধান পদ্ধতি।

(iii) বিভিন্ন অনুপাতে ধাতু-চূর্ণ একত্র মিশাইয়া এবং সেই মিশ্রণের উপর প্রবল চাপ দিয়াও ধাতু-সংকর তৈরী করা যায়।

(iv) একাধিক ধাতুর মিশ্রিত লবণের দ্রবণ একই ভল্টামিটার বা তড়িৎ-বিশ্লেষণপাত্রে যুগপৎ তড়িদ্‌বিশ্লেষিত করিয়া ধাতু-সংকর প্রস্তুত করা যায়। জিংক ও কপারের মিশ্রিত লবণের তড়িদ্‌বিশ্লেষণ করিয়া ক্যাথোড-দণ্ড রূপে পিতল (brass) তৈরী করা যায়।

(v) মিশ্রিত ধাতুর আকরিক একই চুল্লীতে কার্বন-বিজারণ পন্থায় নিষ্কাশিত করিয়া মিশ্রধাতু তথা ধাতু-সংকর তৈরী করা যায়। লোহা ও টাংস্টেনের ধাতু-সংকর এইভাবে তৈরী করা হয়।

কয়েকটি বিশিষ্ট ধাতু-সংকর

নাম	উপাদান ও অনুপাত	ব্যবহার
পিতল (Brass)	Cu : 60—Zn : 20	বাসনপত্র, টিউব, পাত
ব্রোঞ্জ :	Cu : 75--Sn : 25	মুদ্রা, মূর্তি
কলংকহীন ইস্পাত (Stainless Steel)	Fe : 80 Cr : 12	বিভিন্ন যন্ত্রপাতি
ইস্পাত-সংকর	Fe : Ni , Fe : Mo ,	চূর্ণন যন্ত্র, গাড়ী ও
ইস্পাত সংকর	Fe . W , Fe : V	মেসিনের যন্ত্র ইত্যাদি
ম্যাগনেলাম	Al : 98 : Mg : 2	বিমান, যানবাহন ও হাল্কা যন্ত্র
ডুরেলাম	Al : Cu : Mg : Mn	„
জার্মান সিলভার	Cu : Zn , Ni	প্লেট, বাসনপত্র
টাইপ মেটাল	Pb : Sb : Sn	টাইপ ও ছাঁচ
ঝালাই ধাতু (Soft solder)	Pb : Sn	ধাতব পাত্রের ঝালাই

ধাতু সংকরের উপযোগিতা (Utility of Alloys)

অনেক ক্ষেত্রে বিশুদ্ধ ধাতুর চেয়ে ধাতুর-সংকর জল-বায়ুর প্রকোপ হইতে অধিকতর অক্ষত বা অবিকৃত থাকে। ইস্পাত সংকর, জার্মান সিলভার, পিতল, কাঁসা ইত্যাদি তার উদাহরণ। (ii) ধাতু-সংকর ধাতব যন্ত্রের সম্প্রসারণশীলতা রোধ করিতে পারে। উচ্চ তাপে সাধারণত ধাতু সম্প্রসারিত হয় কিন্তু বিসমাথ ও অ্যান্টিমনী ধাতু সংকুচিত হয়। তাই এরূপ ধাতুর মিশ্রণে তৈরী ধাতু-সংকর 'বয়লার' বা উচ্চতাপে ব্যবহৃত যন্ত্র এবং অগ্নিনির্বাপক যন্ত্রের গঠনে প্রয়োগ করিয়া যন্ত্রের সম্প্রসারণশীলতা নিয়ন্ত্রণ করা যায়। এরূপ ধাতু সংকরের উদাহরণ: রোজ মেটাল—Bi : Sn : Pb : 50 : 22 : 28, (iii) বৈদ্যুতিক যন্ত্র বা তার নির্মাণে ধাতুর পরিবহণ ক্ষমতা নিয়ন্ত্রণ করার জন্য উচ্চ তড়িৎ-পরিবাহী কপারের সঙ্গে নিম্ন তড়িৎ-পরিবাহী ধাতুর মিশ্রণে উচ্চ প্রতিরোধক (high resistance) ধাতব তার তৈরী করা হয়। উদাহরণ: কন্সট্যানটান: Cu : Ni : 55 : 45, (iv) শক্তিশালী চুম্বক নির্মাণে একক লোহার পরিবর্তে ধাতু সংকর ব্যবহৃত হয়। যথা: ফেরো-নিকেল অ্যালয়: Fe : Ni : : 60 : 40, (v) স্টীলের কাঠিন্য বৃদ্ধির জন্য ধাতু-সংকর তৈরী করা হয়। প্রধানত ইস্পাত-সংকর এরূপ ধাতু সংকর। উদাহরণ: ফেরো-ম্যাঙ্গানীজ, ফেরো-টাংস্টেন ইত্যাদি। (vi) ধাতুর দৃঢ়তা, সম্প্রসারণশীলতা এবং গুরুত্ব বা ওজন নিয়ন্ত্রণের জন্যও ধাতু-সংকর তৈরী করা হয়। এরূপ ধাতু-সংকর বিমান নির্মাণে প্রধানত ব্যবহার করা হয়। ম্যাগনেলাম, ডুরালুমিন ইত্যাদি।

Questions to be discussed

1. How metals are obtained in nature ? Define and illustrate ore, metallurgy and extraction of metal

2 Compare the properties of metal and non metal. Does hydrogen possess any metallic property ? Among mercury, alluminium foil, zinc dust, silicon, diamond, graphite, white phosphorus, lead—indicate which are metals and which are non-metals.

3. How metals are extracted ? State the principle of carbon-reduction process with simple illustrations.

4. What is self-reduction ? Name two metals that are extracted according to this process ? What type of ore is used for self-reduction process of metallic extraction ?

5. What happens when an iron knife is dipped into copper sulphate solution and alluminium chloride treated with sodium ? State the underlying principle of the reaction. What happens when a silver foil is dipped into ferrous sulphate solution ?

6. What do you understand by electro-chemical series ? How does this series help to understand the reaction of air and water on metal ?

7. Explain on the basis of electro-chemical series the changes that occur when (i) Sodium oxide is heated, (ii) Mercuric oxide is heated (iii) Calcium dropped into water (iv) Aluminium treated with water (v) Copper treated with dilute hydrochloric acid (vi) Magnesium treated with dilute sulphuric acid ?

8. How could you ascertain the physical and chemical properties of a metal ? Give examples.

9. What happens (i) when an oxide of iron is heated with charcoal, (ii) Galena is heated in a furnace and (iii) Alumina is electrolysed ? How those reactions are used for the extraction of metal ?

10. What are the reactions of caustic soda and nitric acid on zinc oxide, magnesium oxide, aluminium oxide and copper ?

11. What is an alloy ? What are its utility ? How would you distinguish an alloy from an amalgam ? What are the chemical principles of preparation of an alloy ? Name three important alloys of alluminium and zinc

12. What are the actions of (i) air, (ii) water, (iii) dilute hydrochloric acid and (iv) caustic soda on—(a) Sodium (b) Magnesium (c) Iron and Aluminium.

13. Give two physical and three chemical differences between metals and non-metals Which of these is most decisive ?

[*H. S (comp) 1960*]

14. Describe giving equations, where possible, the relations of metals as well as their compounds to show the difference between metals and non-metals. [*H. S. Exam. 1963*]

15. How electro-chemical series of metals helps to indicate suitable process of extraction of metal from its ore ?

৯

ক্ষারীয় ধাতু সোডিয়াম

প্রতীক চিহ্ন—Na , পারমাণবিক গুরুত্ব—23 , যোজ্যতা—1

পরিচয়ঃ সোডিয়াম ও পটাসিয়াম ধাতুর হাইড্রক্সাইড কস্টিক সোডা ও কস্টিক পটাস (Caustic Soda and Caustic potash) নামে পরিচিত। এই যৌগ দুইটি অতি তীব্র ক্ষার। সোডিয়াম ও পটাসিয়াম জলের সহিত বিক্রিয়ায় এরূপ ক্ষার গঠন করে বলিয়া ইহাদের **ক্ষারীয় ধাতু** (alkaline metal) বলা হয়। ধাতু হিসাবে সোডিয়ামের ব্যবহার ব্যাপক নয় ; কিন্তু সোডিয়ামের যৌগসমূহ শিল্প-বাণিজ্যের পক্ষে অপরিহার্য। লবণ বা সোডিয়াম ক্লোরাইড আমাদের খাদ্যে নিত্য প্রয়োজন হয় এবং কস্টিক সোডা, সোডিয়াম কার্বনেট, চিলির লবণ বা সোডিয়াম নাইট্রেট রাসায়নিক ও অন্যান্য শিল্পের জন্য বিশেষভাবে প্রয়োজন হয়। সোডিয়াম মাত্র দেড় শত বৎসর আগে আবিষ্কৃত হইয়াছে ; কিন্তু কস্টিক সোডা, সোডিয়াম কার্বনেট ও সোডিয়াম নাইট্রেট বহু প্রাচীনকাল হইতে ব্যবহৃত হইতেছে। কস্টিক সোডা ক্ষার নামে, সোডিয়াম কার্বনেট সাজিমাটি, সোডা (Soda) বা নেট্রন (natron) নামে, সোডিয়াম নাইট্রেট সোরা বা সল্টপিটার নামে এবং সোডিয়াম ক্লোরাইড সামুদ্রিক ও খনিজ লবণ নামে বহুকাল হইতেই পরিচিত।

অষ্টাদশ শতাব্দী পর্যন্ত বিজ্ঞানীরা কস্টিক সোডাকে বরং একটি মৌলিক পদার্থ বলিয়া মনে করিতেন। 1807 খ্রীষ্টাব্দে বৃটিশ বিজ্ঞানী ডেভি কস্টিক সোডা তাপের সাহায্যে গলাইয়া সেই গলিত কস্টিক সোডার তড়িদ্বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে সর্বপ্রথম সোডিয়াম আবিষ্কার করেন। কস্টিক সোডা হইতে উৎপন্ন করা হয় বলিয়া এই মৌলিক পদার্থটির নাম দেওয়া হয় **সোডিয়াম**।

প্রাকৃতিক যৌগ (Natural ores) : সোডিয়াম অত্যন্ত সক্রিয় পদার্থ বলিয়া মৌল অবস্থায় প্রকৃতিতে ইহা পাওয়া যায় না। সোডিয়ামের প্রধান প্রাকৃতিক যৌগসমূহ :

(i) **ক্লোরাইড ঃ** খনিজ ও সামুদ্রিক লবণ (salt), তথা,
সোডিয়াম ক্লোরাইড ($NaCl$)

(ii) **কার্বনেট ঃ** সাজিমাটি, সোডা বা নেট্রন (soda), তথা,
সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3)

(iii) **নাইট্রেট ঃ** চিলি সল্টপিটার (salt petre) বা চিলির লবণ বা
সোরা , তথা, সোডিয়াম নাইট্রেট ($NaNO_3$)

(iv) **পাইরো বোরেট ঃ** বোরাক্স (Borax) বা সোহাগা, তথা,
সোডিয়াম পাইরোবোরেট ($Na_2B_4O_7$) ,

ভারতে রাজপুতনার সম্বর হ্রদে সৈন্ধব লবণ, বিভিন্ন অঞ্চলে সাজিমাটি এবং হিমালয় অঞ্চলে সোহাগা পাওয়া যায়।

সোডিয়ামের নিষ্কাশন পদ্ধতি
(Extraction of Sodium)

আদি ব্যবস্থায় সোডার সঙ্গে কার্বন অথবা কস্টিক সোডার সঙ্গে কার্বন ও আয়রনের বিক্রিয়া ঘটাইয়া সোডিয়াম নিষ্কাশিত করা হইত। যথা :

$$Na_2CO_3+2C=2Na+3CO\uparrow$$
$$6NaOH+2C=2Na+3H_2+2Na_2CO_3$$

সোডিয়াম পূর্বে একমাত্র **কাস্‌টনার পদ্ধতিতে** নিষ্কাশিত করা হইত। বর্তমানে আমেরিকা ও জার্মানীতে **ডাউনস্‌ পদ্ধতিতেও** সোডিয়াম নিষ্কাশিত করা হয়।

1. কাস্‌টনার পদ্ধতি (Castner process)

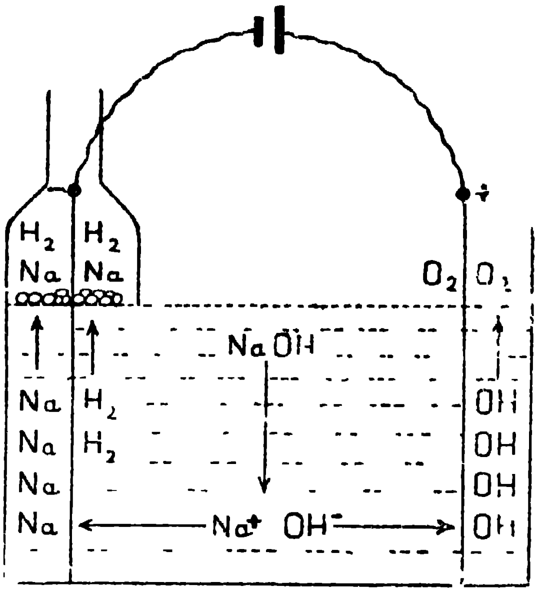
(ক) **নিষ্কাশনের রাসায়নিক পদ্ধতি** (Chemical principle of extraction) ঃ কাস্‌টনার পদ্ধতি বিজ্ঞানী ডেভির সোডিয়াম নিষ্কাশন পদ্ধতিরই একটি বৃহদায়তন প্রয়োগ। এই পদ্ধতিতে গলিত (fused) কস্টিক সোডার ($NaOH$) তড়িদ্‌বিশ্লেষণ করিয়া সোডিয়াম উৎপাদন করা হয়।

কস্টিক সোডার জলীয় দ্রবণের তড়িদ্‌বিশ্লেষণের ফলে হাইড্রোজেন, সোডিয়াম ও হাইড্রোকসিল আয়ন (H^+, Na^+ ও OH^-) উৎপন্ন হয়। কিন্তু সোডিয়ামের চেয়ে হাইড্রোজেন আয়নের তড়িৎ-ক্ষরণের আগ্রহ বা ক্ষরণ

তড়িৎ-বিভবতা (discharge potential) কম বলিয়া ক্যাথোড বিক্রিয়ায় শুধুমাত্র হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

(i) কাস্‌টনার পদ্ধতিতে সোডিয়াম উৎপাদনের জন্য **কঠিন ও অনার্দ্র কস্টিক সোডা** (NaOH) ব্যবহার করা হয়। এই **কস্টিক সোডা** 320°C তাপাংকে **গলাইয়া** (fused) সেই তরল পদার্থের মধ্যে তড়িৎ-প্রবাহ চালান হয়। প্রথমে তড়িৎ-বিয়োজনের (Electrolytic dissociation) ফলে পজেটিভ তড়িদ্‌বাহী সোডিয়াম আয়ন এবং নেগেটিভ তড়িদ্‌বাহী হাইড্রোকসিল আয়ন গঠিত হয়। যথা :

$$\underset{\text{কস্টিক সোডা}}{NaOH} \rightleftharpoons \underset{\text{সোডিয়াম আয়ন}}{Na^+} + \underset{\text{হাইড্রোকসিল আয়ন}}{OH^-}$$



কাসট্‌নার পদ্ধতিতে গলিত কস্টিক সোডার তড়িদ্‌বিশ্লেষণ

(ii) এই সোডিয়াম আয়ন পজেটিভ তড়িদ্‌বাহী বলিয়া নেগেটিভ তড়িদ্‌দ্বারে তথা ক্যাথোডের দিকে আকর্ষিত হয় এবং ক্যাথোড হইতে নেগেটিভ তড়িৎ তথা ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া সোডিয়াম পরমাণুরূপে ক্যাথোডের উপরে সঞ্চিত হয়।

ক্যাথোড বিক্রিয়া : $$\underset{\text{সোডিয়াম আয়ন}}{Na^+} + \underset{\text{ইলেকট্রন}}{e} \rightarrow \underset{\text{সোডিয়াম পরমাণু}}{Na}$$

(iii) নেগেটিভ তড়িদ্‌বাহী হাইড্রোকসিল আয়ন পজেটিভ তড়িদ্দ্বার বা অ্যানোডের দিকে আকর্ষিত হয় এবং আয়নের নেগেটিভ তড়িৎ বা ইলেকট্রন বর্জন করিয়া প্রথমে হাইড্রোকসিল মূলকে পরিণত হয়। অ্যানোডের নিকটে

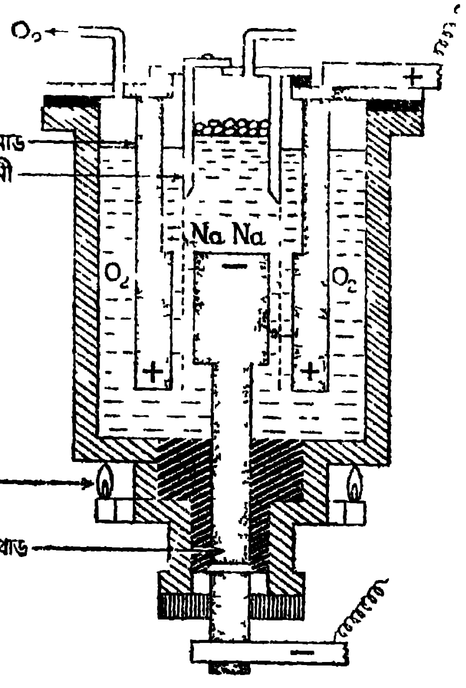
একাধিক হাইড্রোকসিল মূলক পরস্পরে বিক্রিয়া ঘটাইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

অ্যানোড বিক্রিয়া : $$\underset{\text{হাইড্রোকসিল আয়ন}}{OH^-} \quad - \quad \underset{\text{ইলেকট্রন}}{e} \quad \rightarrow \quad \underset{\text{হাইড্রোকসিল মূলক}}{OH\bullet}$$

$$2OH+2OH \;=\; 2H_2O+O_2\uparrow$$

(iv) অ্যানোডে যে সামান্য জল উৎপন্ন হয় তাহার তড়িদ্বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে সোডিয়ামের সঙ্গে সামান্য পরিমাণে হাইড্রোজেনও উৎপন্ন হয়। যথা : $2H_2O \rightleftharpoons 2H^+ + 2OH^-$, $2H^+ + 2e \rightarrow 2H \rightarrow H_2\uparrow$, $2OH^- - 2e \rightarrow 2OH$; [$4OH \rightarrow 2H_2O+O_2\uparrow$] , এই হাইড্রোজেন ক্যাথোডে সঞ্চিত সদ্য উৎপন্ন সোডিয়াম ধাতুকে আবরণরূপে ঢাকিয়া রাখে এবং বায়ুর অক্সিজেনের বিক্রিয়া হইতে রক্ষা করে।

(v) একটি ঢালাই লোহার আবদ্ধ পাত্রে ক্যাথোডরূপে একটি লৌহদণ্ড এবং অ্যানোডরূপে একটি নিকেল সিলিণ্ডার ব্যবহার করিয়া বিগলিত কষ্টিক সোডার তড়িদ্বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে সঞ্চিত হয় সোডিয়াম ও সামান্য হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে উৎপন্ন হয় অক্সিজেন। ক্যাথোডে সঞ্চিত এই সোডিয়াম হাতলের সাহায্যে সংগ্রহ করা হয়।



কাসট্নার পদ্ধতিতে সোডিয়াম প্রস্তুতি

(খ) যন্ত্র ও উৎপাদন ব্যবস্থা : কাস্টনার পদ্ধতিতে যে পাত্রে কষ্টিক সোডার তড়িদ্বিশ্লেষণ করা হয় তাহা ঢালাই লোহা দ্বারা তৈরী প্রায় দেড় ফুট ব্যাস ও দুই ফুট উঁচু একটি আবদ্ধ (closed) গোলাকার ট্যাংক। এই ট্যাঙ্কের মাঝখানে থাকে একটি লোহার দণ্ড। দণ্ডটির উপরের অংশ নীচের অংশের চেয়ে প্রশস্ততর। ইহার নীচের অংশে কষ্টিক সোডা জমাইয়া দণ্ডটিকে স্থির রাখা হয়। এই লোহার দণ্ডটিকে ব্যবহার করা হয় **ক্যাথোড** রূপে। লোহার ক্যাথোড দণ্ডটিকে আবেষ্টন করিয়া

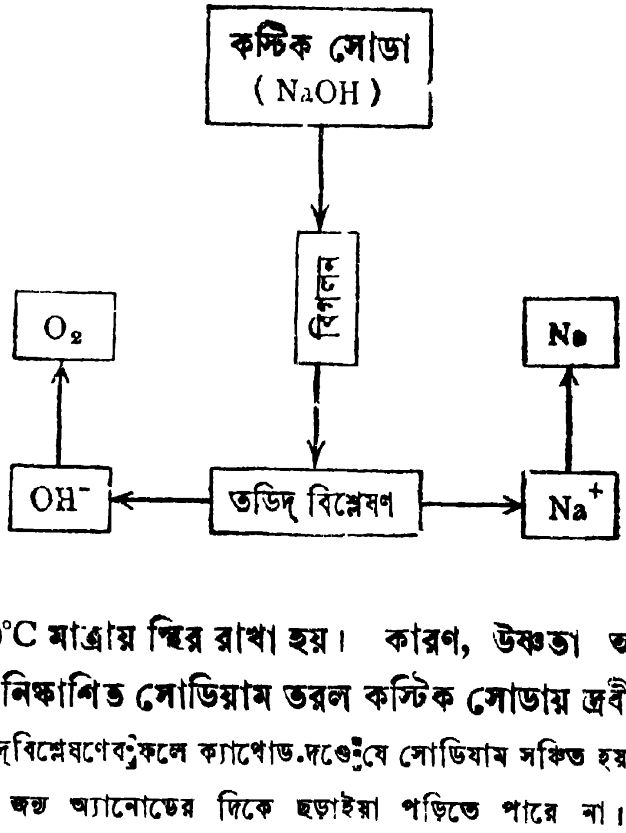
ঝুলাইয়া রাখা হয় একটি নিকেল সিলিণ্ডার। এই সিলিণ্ডারটিকে **অ্যানোড** রূপে ব্যবহার করা হয়।

ক্যাথোডের ঠিক উপরে ঢাকনীর আকারে একটি লোহার চোঙ বা নলাকার পাত্র ঝুলানো থাকে। এই পাত্রটির নীচের দিকে ঝুলানো থাকে একটি তার-জাল। এই তার-জাল ক্যাথোড এবং অ্যানোডে উৎপন্ন পদার্থকে পৃথক রাখিবার জন্য ব্যবহার করা হয়। মূল লোহার ট্যাংকের তলায় থাকে দীপ বা বার্নার।

বার্নার জ্বালাইয়া পাত্রের কস্টিক সোডা বিগলিত করা হয়। পাত্রের প্রায় দুই তৃতীয়াংশ স্থান তরল কস্টিক সোডায় পূর্ণ থাকে। **গলিত কস্টিক সোডার তাপাংক প্রায় 330°C মাত্রায় স্থির রাখা হয়। কারণ, উষ্ণতা আরও বৃদ্ধি পাইলে সদ্য নিষ্কাশিত সোডিয়াম তরল কস্টিক সোডায় দ্রবীভূত হইয়া যায়।** তড়িদ্‌বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোড-দণ্ডে যে সোডিয়াম সঞ্চিত হয় তাহা তার-জালের বেড়ার জন্য অ্যানোডের দিকে ছড়াইয়া পড়িতে পারে না। এই সোডিয়াম ক্যাথোডের মাথার উপর ঝুলানো লোহার চোঙে সঞ্চিত হয় এবং ইহা হাইড্রোজেন গ্যাসের আবরণে অবিকৃত থাকে। এই ভাসমান সোডিয়াম সচ্ছিদ্র হাতল দ্বারা গলিত কস্টিক সোডার উপর হইতে তুলিয়া লওয়া হয়। তড়িদ্‌বিশ্লেষণের

সোডিয়াম নিষ্কাশন

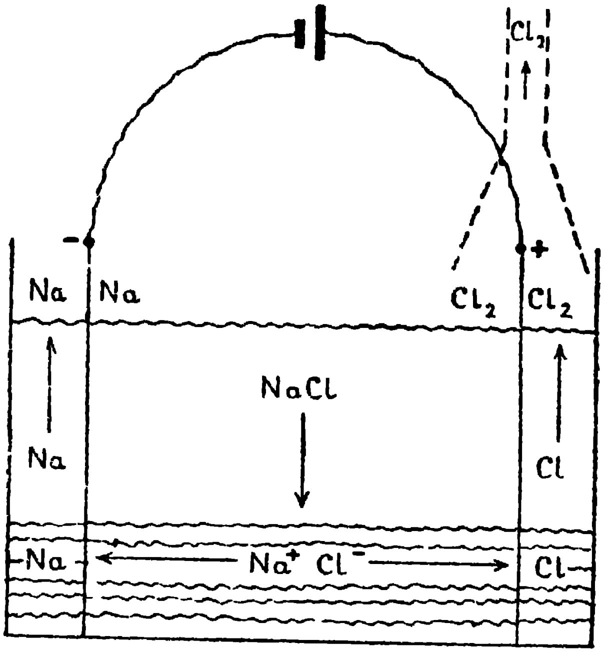
কাস্টনার পদ্ধতি ঃ
(Castner Process)



সময় যে অক্সিজেন ও স্বল্প হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় তাহা মূল ট্যাংকের মাথার ফিট-করা নির্গম-নলের মাধ্যমে বাহির হইয়া যায়।

2. ডাউনস্ পদ্ধতি (Downs Process)

(ক) **রাসায়নিক পদ্ধতি** (Chemical Principle or Chemistry of extraction) : ডাউনস্ পদ্ধতিতে বিগলিত সোডিয়াম ক্লোরাইড (fused NaCl) বা সাধারণ লবণের তড়িদ্‌বিশ্লেষণ করিয়া সোডিয়াম উৎপাদন করা হয়।



ডাউনস্ পদ্ধতিতে গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িদ্‌বিশ্লেষণ

সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের তড়িদ্‌বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে সোডিয়ামের পরিবর্তে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। কারণ সোডিয়াম আয়নের (Na^+) চেয়ে হাইড্রোজেন আয়নের (H^+) তড়িদ্‌ক্ষরণের আগ্রহ বা বিভবতা (discharge potential) কম। তাই সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িদ্‌বিশ্লেষণে উৎপন্ন হয় হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন।

(i) কাস্টনার পদ্ধতির ন্যায় ডাউনস্ পদ্ধতিতেও সেজন্য তাপের সাহায্যে **শুষ্ক সোডিয়াম ক্লোরাইড গলাইয়া** সেই গলিত তরলের মধ্যে তড়িদ্‌প্রবাহ চালানো হয়। কিন্তু সোডিয়াম ক্লোরাইডের গলনাংক প্রায় 800°C, এই তাপাংকে যে সোডিয়াম উৎপন্ন হয় তাহা অংশত বাষ্পে পরিণত হইয়া এক রকম 'কুয়াশা' সৃষ্টি করে এবং এরূপ উচ্চ তাপে উৎপন্ন ক্লোরিনের ক্ষয়-ক্ষমতাও

(corrosive power) অত্যন্ত তীব্র হইয়া উঠে। তাই তড়িদ্‌বিশ্লেষণের আগে সোডিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে স্বল্প সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) বা সোডিয়াম ফ্লুরাইড (NaF) অথবা ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$) মিশ্রিত করা হয়। এরূপ মিশ্রণের ফলে সোডিয়াম ক্লোরাইডের গলনাংক (melting point) প্রায় 600°C তাপাংকে নামিয়া যায়। এরূপ তাপাংকে সোডিয়ামের 'কুয়াশা' তৈরী হয় না এবং ক্লোরিনের ক্ষয়-ক্ষমতাও হ্রাস পায়।

(ii) গ্র্যাফাইট জাতীয় কার্বন দণ্ড অ্যানোডরূপে এবং একটি লোহার পাত ক্যাথোডরূপে ব্যবহার করিয়া আবদ্ধ লোহার পাত্রে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়।

(iii) বিগলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িদ্‌বিয়োজনের (electrolytic dissociation) ফলে সোডিয়াম ও ক্লোরিন আয়ন গঠিত হয়।

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$

সোডিয়াম ক্লোরাইড সোডিয়াম আয়ন ক্লোরাইড আয়ন

(iv) পজেটিভ সোডিয়াম আয়ন (Na^+) ক্যাথোডের দিকে আকর্ষিত হইয়া বিপরীতধর্মী নেগেটিভ তড়িৎ বা ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া সোডিয়াম পরমাণুতে পরিণত হয়। এই সোডিয়াম নিষ্কাশিত ধাতুরূপে সংগ্রহ করা হয়।

ক্যাথোড বিক্রিয়া : $Na^+ + e \rightarrow Na$

সোডিয়াম আয়ন ইলেকট্রন সোডিয়াম পরমাণু

(v) নেগেটিভ ক্লোরাইড আয়ন অ্যানোডের দিকে আকর্ষিত হয় এবং ইলেকট্রন বর্জন করিয়া ক্লোরিন পরমাণুতে এবং শেষ পর্যায়ে গ্যাসীয় ক্লোরিন অণুতে পরিণত হয়। এই ক্লোরিন গ্যাসরূপে নির্গত হইয়া যায় এবং উপজাত দ্রব্য (by-product) রূপে সংগ্রহ করা হয়।

অ্যানোড বিক্রিয়া : $Cl^- - e \rightarrow Cl$

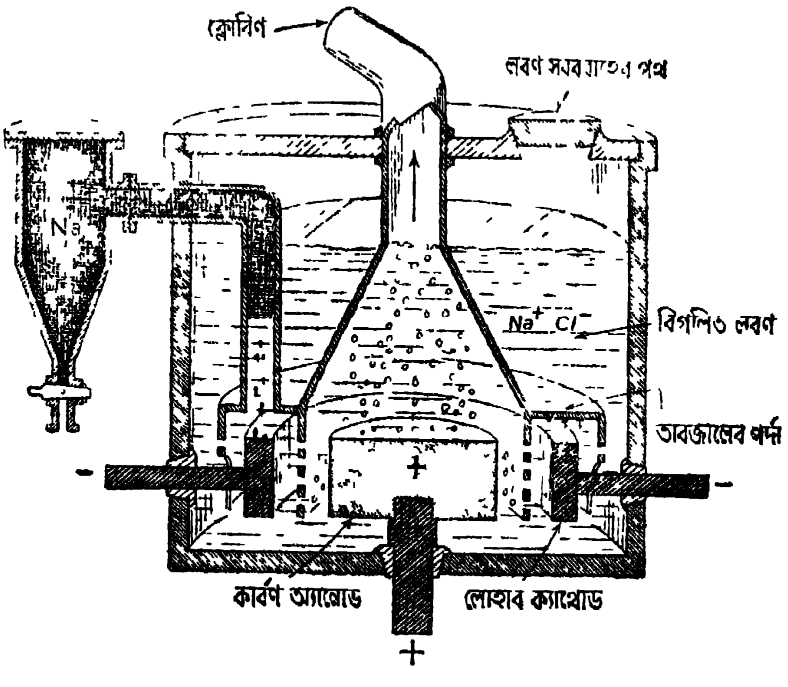
ক্লোরাইড আয়ন ইলেকট্রন ক্লোরিন পরমাণু

$$Cl + Cl \rightarrow Cl_2 \uparrow \quad (\text{অণু})$$

(খ) যন্ত্র ও উৎপাদন ব্যবস্থা : বিগলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িদ্‌-বিশ্লেষণ করিয়া সোডিয়াম নিষ্কাশনের পদ্ধতি 1924 খ্রীষ্টাব্দে আবিষ্কার করেন মার্কিন বিজ্ঞানী ডাউনস্। তড়িদ্‌বিশ্লেষণ করা হয় লোহা দ্বারা তৈরী একটি আবদ্ধ পাত্রে।

এই পাত্রটির মাঝখানে বসানো থাকে গ্রাফাইট জাতীয় একটি প্রশস্ত কার্বন-দণ্ড। এই কার্বন-দণ্ডটিকে ব্যবহার করা হয় **অ্যানোড** রূপে। কার্বন-দণ্ডটি আবৃত করিয়া ফিট করা থাকে একটি বলয়াকৃতি লোহার পাত। এই লোহার পাতটি ব্যবহার করা হয় **ক্যাথোড** রূপে। এই ক্যাথোড বলয়টি তারজালের আবরণে ঢাকা থাকে এবং এই তারজালের সঙ্গে সংযুক্ত থাকে একটি সাইফন-নল (siphon)। এই সাইফন-নলটি প্রবেশ করে একটি কেরোসিনপূর্ণ পাত্রে। পক্ষান্তরে অ্যানোড-রূপী কার্বন-দণ্ডটি উপুড়-করা-ফানেলাকৃতি একটি পোরসেলিন বা অগ্নিসহ-মৃত্তিকায় (fire clay) তৈরী চোঙে ঢাকা থাকে।

600°C তাপাংকে তড়িদ্‌বিশ্লেষণের ফলে যে সোডিয়াম নিষ্কাশিত হয় তাহা লোহার বলয়ের উপরে সঞ্চিত হইয়া সাইফন-নলের পথে কেরোসিনপূর্ণ পাত্রে গিয়া সংগৃহীত হয়। অ্যানোড দণ্ডে যে ক্লোরিন উৎপন্ন হয় তাহা পোরসেলিন চোঙের ভিতর দিয়া নির্গত হইয়া যায়। উপজাত পদার্থ বা বাই-প্রডাক্ট (by-product) রূপে এই ক্লোরিন অন্যান্য শিল্পে ব্যবহার করা যায়।

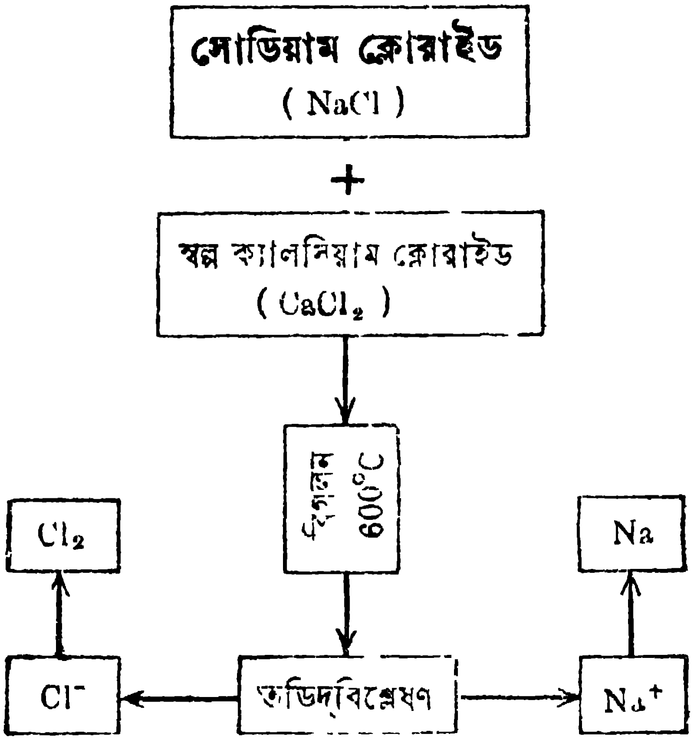


ডাউনস্ পদ্ধতিতে সোডিয়াম প্রস্তুতি

কাস্টনার ও ডাউনস্ পদ্ধতির তুলনা ঃ ডাউনস্ পদ্ধতিতে কাঁচামাল-রূপে ব্যবহার করা হয় সাধারণ লবণ। কিন্তু কাস্টনার পদ্ধতিতে ব্যবহার করা

হয় কষ্টিক সোডা। কষ্টিক সোডা প্রথমে তৈরী করা হয় সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে। কিন্তু ডাউনস্ পদ্ধতিতে সরাসরি সোডিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহার করা হয়। তাই, ডাউনস্ পদ্ধতিতে কাঁচামালের দাম পড়ে খুব কম। কিন্তু এই পদ্ধতিতে তাপমাত্রা বেশি প্রয়োজন হয় এবং কিছু সোডিয়াম বাষ্পাকারে উড়িয়া যায়।

ডাউন্স পদ্ধতি ঃ
(Downs Process)



সোডিয়ামের সাধারণ ধর্ম

ভৌত ধর্ম (Physical properties) :

(i) বিশুদ্ধ সোডিয়ামের বর্ণ রূপালী।

(ii) সোডিয়াম একটি নরম পদার্থ। ইহা ছুরি দিয়া কাটা যায়।

(iii) ইহার ঘনত্ব—0·97 ; তাই জলে ভাসে।

(iv) ইহার গলনাংক 98°C এবং স্ফুটনাংক 880°C.

ইহা একক পরমাণুরূপে (Na—mono-atomic) বাষ্পে পরিণত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical properties) :

(i) **বায়ুর ক্রিয়া** (Action of air) : শুষ্ক বায়ুতে সোডিয়াম অবিকৃত থাকে, কিন্তু জলীয় বাষ্পপূর্ণ বায়ুতে (ক) প্রথমে ইহা বিবর্ণ সোডিয়াম মনোক্সাইডে (Na_2O), (খ) পরে বায়ুর জলীয় বাষ্পের সঙ্গে বিক্রিয়ায়

সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডে (NaOH) এবং শেষ পর্যায়ে (গ) এই হাইড্রক্সাইড বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম কার্বনেটে (Na_2CO_3) পরিণত হয়। যথা:

(*a*) $4Na+O_2=2Na_2O$; (*b*) $Na_2O+H_2O=2NaOH$

(*c*) $2NaOH+CO_2=Na_2CO_3+H_2O$

(ii) **বায়ুতে দহন ক্রিয়া** (Burning in air): বায়ুতে দগ্ধ করিলে সোডিয়াম স্বর্ণাভ হলুদ শিখায় প্রদীপ্ত হইয়া দুই রকম অক্সাইড গঠন করে। যথা: $4Na+O_2=2Na_2O$ (সোডিয়াম মনোক্সাইড)

$2Na+O_2=Na_2O_2$ (সোডিয়াম পারক্সাইড)

(iii) **জলের ক্রিয়া** (Action of water): জলের সঙ্গে সোডিয়াম তীব্রভাবে বিক্রিয়া ঘটায় এবং ক্ষার গঠন করে। বিক্রিয়ার পরে ক্ষারীয় জলের স্পর্শে লাল লিটমাস কাগজ নীল হইয়া যায়। যথা:

$$2Na+2H_2O=2NaOH+H_2$$

(iv) **অ্যাসিডের ক্রিয়া** (Action of acid): খনিজ অ্যাসিডের সঙ্গে সোডিয়াম বিস্ফোরণের তীব্রতায় বিক্রিয়া ঘটায়। যথা:

$$2Na+2HCl=2NaCl+H_2$$

(v) **ক্ষারের ক্রিয়া** (Action of alkali): ক্ষারের সঙ্গে সোডিয়ামের বিক্রিয়া ঘটে না।

(vi) **ক্লোরিনের ক্রিয়া** (Action of chlorine): ক্লোরিনের সঙ্গে তপ্ত সোডিয়াম হলুদ বর্ণের প্রদীপ্ত শিখা বিকীর্ণ করিয়া বিক্রিয়া ঘটায় এবং ক্লোরাইড লবণ গঠন করে। যথা: $2Na+Cl_2=2NaCl$

(vii) **বিজারণ ক্ষমতা** (Reducing action): সোডিয়াম একটি প্রবল বিজারক পদার্থ (reducing agent)। ইহা বিজারকরূপে বিশেষভাবে জৈব রসায়নের বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয়। বিজারণ ক্রিয়া:

$$AlCl_3+3Na=Al+3NaCl\ ,\quad 2Na+ZnSO_4=Na_2SO_4+Zn$$

(viii) **হাইড্রাইড গঠন** (Formation of hydride): 360°C তাপাংকে শুষ্ক হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম হাইড্রাইড গঠিত হয়। যথা: $2Na+H_2=2\,NaH$

(ix) **কার্বন ডাই-অক্সাইডে দহন :** কার্বন ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে জ্বলন্ত সোডিয়ামের বিক্রিয়ায় সোডিয়াম কার্বনেট ও কার্বন গঠিত হয়। যথা : $4Na+3CO_2=2Na_2CO_3+C$

(x) **ধাতু-সংকর** (Alloy and amalgam) : সোডিয়াম পটাসিয়ামের সঙ্গে ধাতু-সংকর (alloy) এবং পারদে দ্রবীভূত হইয়া পারদ-সংকর (amalgam) গঠন করে।

(xi) **প্রধান যৌগ** (Important compounds) : সোডিয়াম মনোক্সাইড এবং পারক্সাইড (Na_2O, এবং Na_2O_2) কষ্টিক সোডা বা সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ($NaOH$), সোডিয়াম ক্লোরাইড ($NaCl$) এবং সোডিয়াম কার্বনেট বা সোডা (Na_2CO_3), সোডিয়াম সালফেট (Na_2SO_4), সোডিয়াম সালফাইড (Na_2S)—এই পদার্থগুলি সোডিয়ামের প্রধান যৌগ।

প্রাকৃতিক যৌগ হইতে সোডিয়ামের অন্যান্য যৌগ প্রস্তুতি

1 $$\underset{\text{(সাজিমাটি)}}{Na_2CO_3}+\begin{cases} 2HCl \rightarrow \underset{\text{(Na-ক্লোরাইড)}}{2NaCl} + CO_2+H_2O \\ H_2SO_4 \rightarrow \underset{\text{(Na-সালফেট)}}{Na_2SO_4}+CO_2+H_2O \\ 2HNO_3 \rightarrow \underset{\text{(Na-নাইট্রেট)}}{2NaNO_3}+CO_2+H_2O \end{cases}$$

2 $$\underset{\text{(সাজিমাটি)}}{Na_2CO_3}+Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3+\underset{\text{(কস্টিক সোডা)}}{[2NaOH]} \xrightarrow{H_2S} \underset{\text{(Na-সালফাইড)}}{Na_2S} + 2H_2O$$

3. $$\underset{\text{(প্রাকৃতিক লবণ)}}{2NaCl} + H_2SO_4 \xrightarrow{\text{তাপ}} \underset{\text{(Na-সালফেট)}}{Na_2SO_4} + 2HCl$$

4 $$\underset{\text{(লবণ)}}{2NaCl}+\underset{\text{(অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেট)}}{2NH_4HCO_3} \rightarrow [2NaHCO_3] \xrightarrow{\text{তাপ}} Na_2CO_3+2NH_4Cl+CO_2+H_2O$$

5. $$\underset{\text{লবণ দ্রবণ)}}{2NaCl} \overset{\text{তড়িদ্বিশ্লেষণ}}{\rightleftharpoons} 2N^+ + 2Cl^- \rightarrow Cl_2+2Na^+ \xrightarrow{(2OH^-+2H^+)} 2NaOH+H_2\uparrow$$

সোডিয়াম যৌগের বৈশিষ্ট্য

(i) সমস্ত সোডিয়াম-যৌগ জলে দ্রবণীয়।

(ii) যে-কোন সোডিয়াম-যৌগ উত্তাপের ফলে গলিয়া যায়। একমাত্র সোডিয়াম নাইট্রেট উত্তাপের ফলে নাইট্রাইট যৌগে পরিণত হয়। যথা:

$$2NaNO_3 = 2NaNO_2 + O_2 \uparrow$$

(iii) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড একটি তীব্র ক্ষার। ইহা স্বাভাবিক অবস্থায় কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) শোষণ করিয়া সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) যৌগে পরিণত হয়।

$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$

(iv) সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) দ্রবণ আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় বলিয়া ইহার মধ্যে ক্ষারের লক্ষণ প্রকাশ পায়। যথা:

$$Na_2CO_3 + 2H_2O \rightleftharpoons 2NaOH + H_2CO_3$$

(v) ধাতু রূপে সোডিয়ামের ব্যবহার সীমাবদ্ধ কিন্তু সোডিয়ামের ক্লোরাইড, কার্বনেট, হাইড্রক্সাইড, সালফেট ও নাইট্রেট ($NaCl$, Na_2CO_3, $NaOH$, Na_2SO_4, $NaNO_3$) ইত্যাদি যৌগ ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়।

(vi) সোডিয়ামের কতিপয় যৌগ যথা, ক্লোরাইড, নাইট্রেট ও কার্বনেট যৌগ ($NaCl$, $NaNO_3$ এবং Na_2CO_3) প্রকৃতিতে ব্যাপকভাবে পাওয়া যায়।

সোডিয়ামের ব্যবহার (Uses): (i) সোডিয়াম হইতে সোডিয়াম পারক্সাইড তৈরী করা হয়। এই যৌগটি অক্সিজেন সরবরাহকারী এবং জারক পদার্থরূপে ব্যবহৃত হয়। (ii) উচ্চ তাপাংকের থার্মোমিটারে পারদের পরিবর্তে সোডিয়াম-পটাসিয়াম ধাতু-সংকর ব্যবহার করা হয়। (iii) সোডিয়াম পারদ-সংকর জৈব রসায়নে রাসায়নিক বিজারকরূপে (reducing agent), (iv) সোডামাইড ও সায়নামাইড এবং অনার্দ্র অ্যালকোহল তৈরী করার জন্য সোডিয়ামের প্রয়োজন হয়।

সনাক্তকরণ (Test): (i) সোডিয়ামের যে-কোন যৌগ ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সিক্ত প্ল্যাটিনাম তারের মুখে লাগাইয়া বুনসেন দীপের অদীপ্ত জারণ শিখায় দগ্ধ করা হইলে স্বর্ণাভ হলুদ বর্ণের প্রদীপ্ত আলোক শিখা বিকীর্ণ করে।

(ii) সোডিয়াম লবণের দ্রবণে **পটাসিয়াম হাইড্রোকসি-টারটারেট** মিশ্রিত করিলে সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে।

শিল্পে প্রয়োজনীয় সোডিয়ামের প্রধান যৌগসমূহ: সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3), কষ্টিক সোডা (NaOH), সোডিয়াম সালফেট (Na_2SO_4), সোডিয়াম নাইট্রেট ($NaNO_3$) এবং সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl) সোডিয়ামের প্রধান যৌগসমূহ। এই যৌগগুলি শিল্পদ্রব্যরূপে ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত করা হয়।

সোডিয়াম কার্বনেট (Sodium Carbonate)

সোডিয়াম কার্বনেট অতি প্রয়োজনীয় রাসায়নিক দ্রব্য। খুব কম শিল্পই আছে যাহাতে সোডিয়াম কার্বনেটের প্রয়োজন না হয়। কাচ, সাবান, সূতি-শিল্প এবং বিভিন্ন রাসায়নিক দ্রব্য প্রস্তুতিতে প্রতি বৎসর প্রায় চল্লিশ লক্ষ টন সোডিয়াম কার্বনেটের প্রয়োজন হয়। সোডিয়াম কার্বনেটকে সাধারণভাবে সোডাও বলা হয়।

1 লে ব্ল্যাংক পদ্ধতি (Le Blanc Process)

পূর্বে প্রধানত **লে ব্ল্যাংক পদ্ধতিতে** সোডিয়াম কার্বনেট তৈরী করা হইত। কিন্তু বর্তমানে **সলভে** বা **অ্যামোনিয়া-সোডা পদ্ধতিতে** অধিকাংশ সোডিয়াম কার্বনেট তৈরী করা হয়।

পূর্বে সোডিয়াম কার্বনেটের প্রধান উৎস ছিল প্রাকৃতিক ন্যাট্রন তথা, সোডা বা সাজিমাটি। 1717 খ্রীষ্টাব্দে ফ্রেঞ্চ অ্যাকাডেমী সোডিয়াম কার্বনেট উৎপাদন পদ্ধতি আবিষ্কারের জন্য 100 পাউণ্ড মূল্যের একটি পুরস্কার ঘোষণা করেন। নিকলাস লে ব্ল্যাংক নামে এক চিকিৎসক অক্লান্ত গবেষণার ফলে সোডিয়াম কার্বনেট উৎপাদনের একটি পদ্ধতি আবিষ্কার করিতে সক্ষম হন। লে ব্ল্যাংক পদ্ধতিটি এইরূপ:

(i) **রাসায়নিক পদ্ধতি** (Chemical Principle): প্রথমে সাধারণ লবণের (NaCl) সঙ্গে সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) মিশ্রিত ও উত্তপ্ত করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl) তৈরী করা হয়। এই বিক্রিয়ায় সোডিয়াম সালফেট (Na_2SO_4) লবণও তৈরী হয়।

এরূপ শিল্প-জাত সোডিয়াম সালফেটকে **সল্ট-কেক** (Salt cake) বলা হয়। বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে :

$$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$$

(ii) এই সোডিয়াম সালফেট কঠিন পদার্থ। বিচূর্ণ সোডিয়াম সালফেটের সঙ্গে গুঁড়া অঙ্গার (C) ও চুনা-পাথর ($CaCO_3$) মিশাইয়া উচ্চতাপে উত্তপ্ত করা হয়। অঙ্গারের কার্বন প্রথমে সোডিয়াম সালফেটকে (Na_2SO_4) সোডিয়াম সালফাইড (Na_2S) রূপে বিজারিত করিয়া দেয়। এই সোডিয়াম সালফাইড পরে চুনাপাথর বা ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া সোডিয়াম কার্বনেট ও ক্যালসিয়াম সালফাইড (CaS) গঠন করে। এই সোডিয়াম কার্বনেট ও ক্যালসিয়াম সালফাইডের মিশ্রণকে **কালো ভস্ম** (Black ash) বলা হয়। বিক্রিয়া :

$$Na_2SO_4 + 4C = Na_2S + 4CO\uparrow$$

$$Na_2S + CaCO_3 = Na_2CO_3 + CaS$$

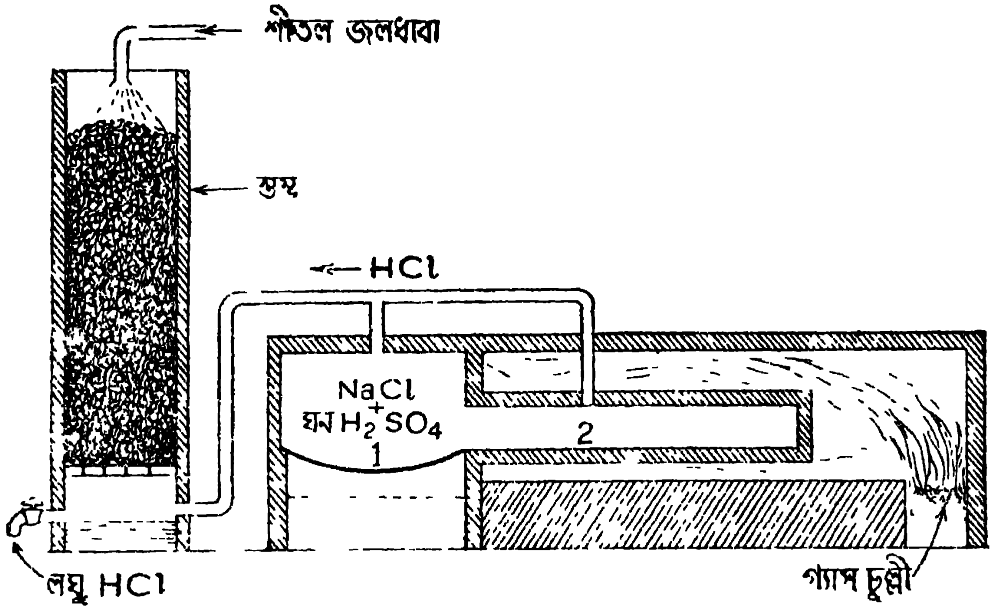
(ii) সোডিয়াম কার্বনেট জলে দ্রবণীয় কিন্তু ক্যালসিয়াম সালফাইড প্রায় অদ্রবণীয়। সুতরাং বিক্রিয়ার শেষ পর্যায়ে সোডিয়াম কার্বনেট ও ক্যালসিয়াম সালফাইডের মিশ্রণ জলে মিশাইয়া সেই জলীয় দ্রবণ ছাঁকিয়া লওয়া হয়। দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিয়া স্ফটিকাকারে সোডিয়াম কার্বনেট ($Na_2CO_3, 10H_2O$) সংগ্রহ করা হয়।

যন্ত্র ও উৎপাদন ব্যবস্থা : লবণ ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটানো হয় সংবৃত বা মাফল্‌-চুল্লী (Muffle furnace) জাতীয় সল্ট কেক চুল্লীতে (salt cake furnace)। এই বিক্রিয়া ঘটে দুই পর্যায়ে। চুল্লীর লোহার পাত্রে (iron pan) লবণ ও অ্যাসিড মিশ্রণ উত্তপ্ত করার ফলে প্রথম পর্যায়ে তৈরী হয় সোডিয়াম বাই-সালফেট। যথা . $NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$

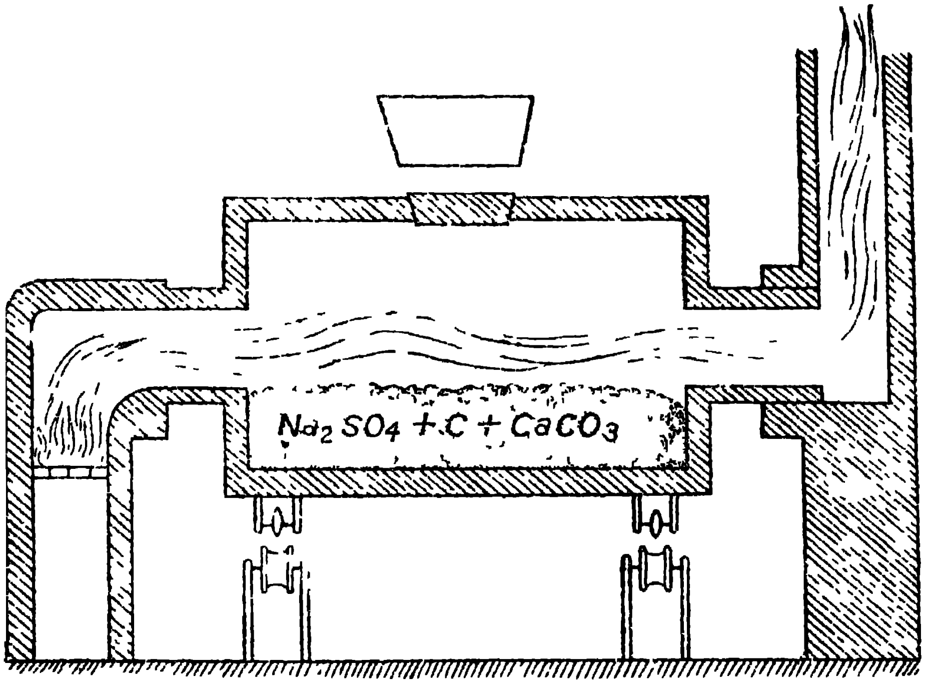
এই সোডিয়াম বাই-সালফেট ও লবণ মিশ্রণ পরবর্তী পর্যায়ে চুল্লীর মূল গহ্বরে (bed of the furnace) উচ্চতর তাপাংকে উত্তপ্ত করিয়া সোডিয়াম সালফেটে পরিণত করা হয়। যথা : $NaHSO_4 + NaCl = Na_2SO_4 + HCl$

পিঠার আকারে গঠিত হয় বলিয়া এই সোডিয়াম সালফেটকে বলা হয় **সল্ট কেক** (Salt Cake)।

এই সল্ট কেক চূর্ণ করিয়া বিচূর্ণিত কয়লা বা কোক ও চুনাপাথরের ($CaCO_3$) সঙ্গে মিশ্রিত করা হয়। এই মিশ্রণ উত্তপ্ত করা হয় ঘূর্ণায়মান চুল্লীতে (Revolving furnace)। এই চুল্লীর দহন-পাত্রটির আকৃতি ঢাকের ন্যায় এবং ইহার ভিতরে অগ্নিসহ মৃত্তিকার প্রলেপ দেওয়া থাকে। এই ঢাকের আকৃতি দহন-পাত্রে বিকারক মিশ্রণ ভরিয়া দহন-পাত্রটি অবিরাম আবর্তিত করিয়া একদিকে সল্ট কেক, কোক ও

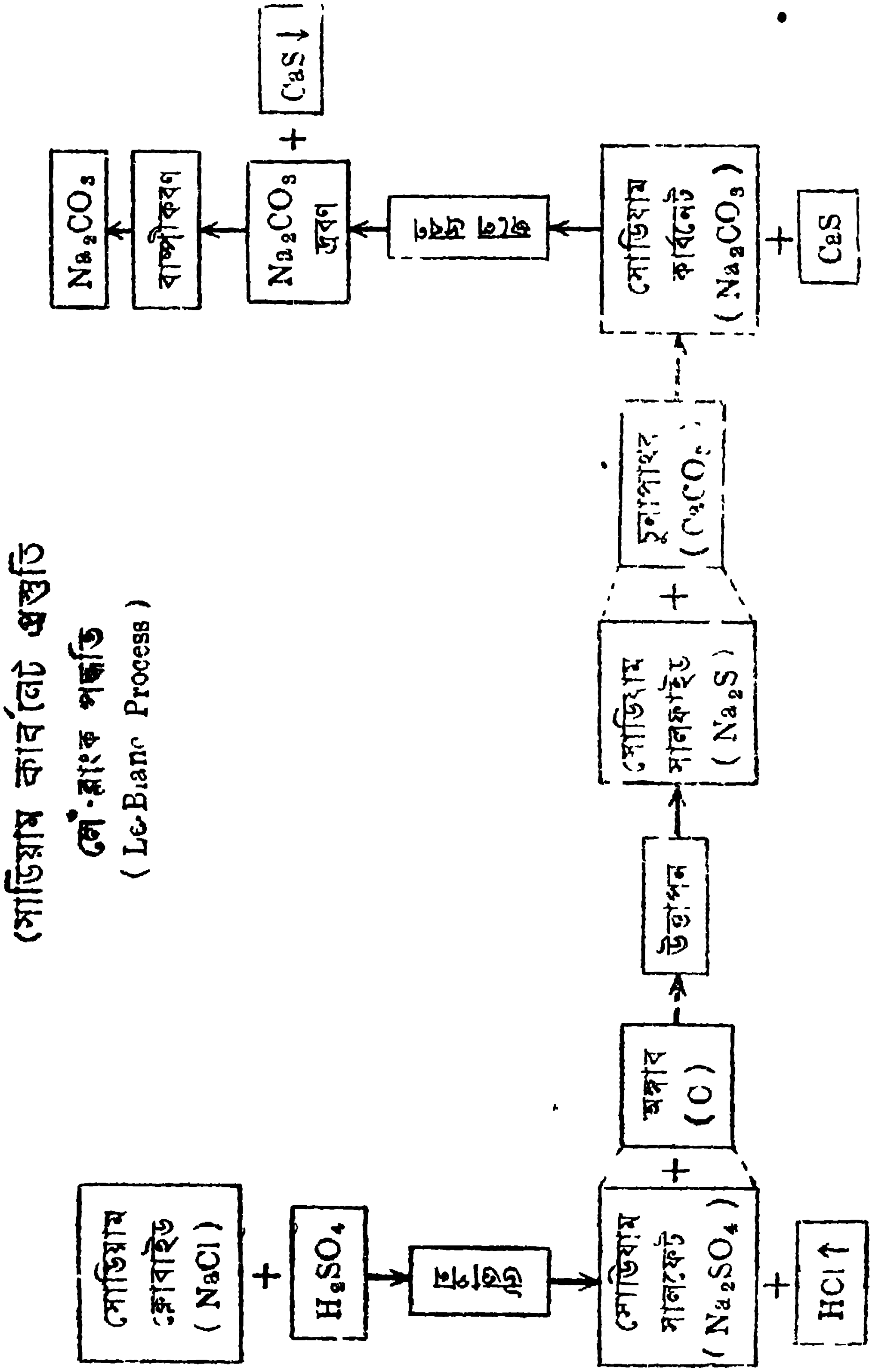


রিভারবারেটারী চুল্লীতে সল্টকেক (Na_2SO_4) প্রস্তুতি ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপাদন



ঘূর্ণায়মান চুল্লীতে সোডা প্রস্তুতি

চুনাপাথর মিশ্রিত করা হয় এবং অপরদিকে জ্বালানী গ্যাসদ্বারা দহন-পাত্রটিকে উত্তপ্ত করা হয়। এরূপ বিক্রিয়ায় তৈরী হয় সোডিয়াম কার্বনেট ও ক্যালসিয়াম



সালফাইড এবং ইহাদের মিশ্রণকে (Na_2CO_3+CaS) বলা হয় **কালো ভস্ম** বা ব্লাক অ্যাস (Black ash)। এই ব্লাক অ্যাস দ্রবীভূত করিয়া অদ্রবণীয় ক্যালসিয়াম সালফাইড বিচ্ছিন্ন করা হয় এবং সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ বাষ্পায়িত

করিয়া দানাদার সোডা (soda crystal—$Na_2CO_3, 10H_2O$) প্রস্তুত করা হয়। এই সোডা উত্তপ্ত (calcined) করিয়া অনার্দ্র সোডা ভস্ম (anhydrous soda ash) তৈরী করা হয়।

লে ব্ল্যাংক পদ্ধতি ব্যয়সাধ্য বলিয়া বর্তমানে পরিত্যক্ত কিন্তু সল্ট কেক ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড তৈরী করার জন্য এই পদ্ধতির প্রথম অংশ এখনও কার্যকরী রাখা হইয়াছে।

2. অ্যামোনিয়া-সোডা বা সলভে পদ্ধতি

(Ammonia-Soda or Solvay Process)

রাসায়নিক পদ্ধতি (Chemistry of extraction or Chemical principle) : অ্যামোনিয়া সোডা বা সলভে পদ্ধতিতে রাসায়নিক উপাদানরূপে ব্যবহার করা হয়—(ক) সম্পৃক্ত সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ তথা ঘন ব্রাইন দ্রবণ (brine), (খ) অ্যামোনিয়া গ্যাস (NH_3) এবং (গ) কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস (CO_2)।

(i) প্রথমে সম্পৃক্ত লবণ-দ্রবণ তথা ঘন ব্রাইনের সঙ্গে পর্যাপ্ত পরিমাণে অ্যামোনিয়া গ্যাস মিশ্রিত করিয়া একটি অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত লবণ-দ্রবণ তৈরী করা হয়। অর্থাৎ ইহা কার্যত অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড ও লবণের একটি সম্পৃক্ত দ্রবণে পরিণত হয়। যথা :

$$NH_3+H_2O+[NaCl]=NH_4OH+[NaCl]$$

(ii) এই অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত ঘন লবণ দ্রবণের মধ্যে চালান হয় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস। ইহাতে কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত লবণ দ্রবণের মধ্যে প্রথম পর্যায়ের বিক্রিয়ার ফলে অ্যামোনিয়াম কার্বনেট গঠিত হয়। অতিরিক্ত কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস দ্বিতীয় পর্যায়ে এই অ্যামোনিয়াম কার্বনেটকে বাই-কার্বনেটে পরিণত করে। যথা :

$$2NH_4OH+CO_2=(NH_4)_2CO_3+H_2O$$

$$(NH_4)_2CO_3+CO_2+H_2O=2NH_4HCO_3$$

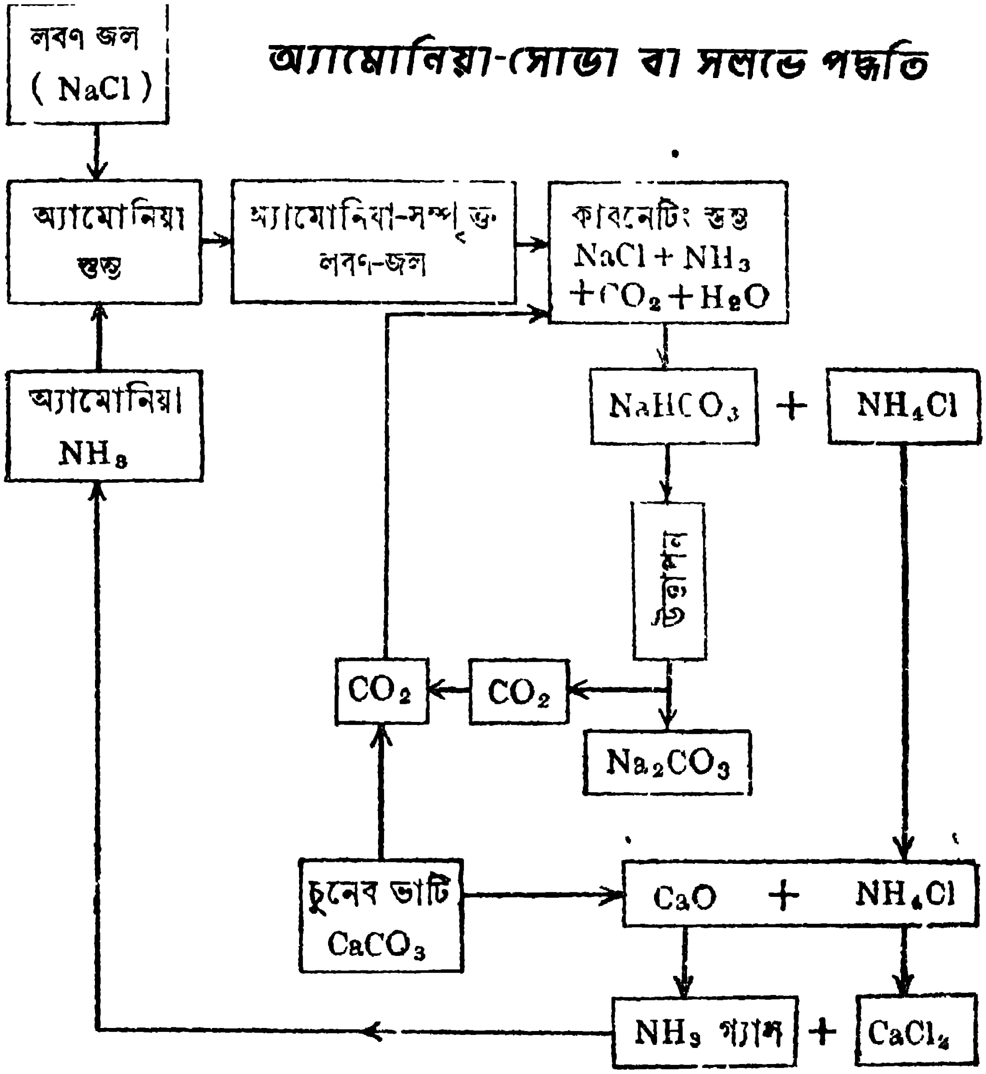
(iii) তৃতীয় পর্যায়ে, এই অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেট সম্পৃক্ত লবণ দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম বাই-কার্বনেট এবং অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড গঠন করে। সোডিয়াম বাই-কার্বনেট স্বল্প দ্রবণীয় বলিয়া দ্রবণের তলায় অধঃক্ষেপ রূপে সঞ্চিত হয় এবং দ্রবণে মিশ্রিত থাকে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড। যথা :

$$NH_4HCO_3+NaCl=NaHCO_3\downarrow+NH_4Cl \text{ (দ্রবণ)}$$

(iv) এই সোডিয়াম বাই-কার্বনেট অধঃক্ষেপ ফিলটার বা পরিস্রুত করিয়া ইহাকে শুষ্ক এবং উচ্চ তাপাংকে (180°C) উত্তপ্ত করিলে সোডিয়াম কার্বনেট এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প তৈরী হয়। গ্যাস দুইটির নির্গমনের ফলে অবশেষরূপে পাওয়া যায় শুধু নিরুদক সোডিয়াম কার্বনেট। যথা :

$$2NaHCO_3 = Na_2CO_2 + CO_2 \uparrow + H_2O\ (\text{বাষ্প}) \uparrow$$

এরূপ পদ্ধতিতে প্রাপ্ত সোডিয়াম কার্বনেটকে সোডা ভস্মও (Soda Ash) বলা হয়।



অ্যামোনিয়া-সোডা বা সলভে পদ্ধতি

[**মেলরের রাসায়নিক পদ্ধতি** (Mellor's Process) ঃ বিজ্ঞানী মেলরের অভিমতে অ্যামোনিয়া সোডা পদ্ধতিতে বিক্রিয়া ঘটে অন্যভাবে। মেলরের মতে ঘন লবণ দ্রবণ অ্যামোনিয়া দ্বারা সম্পৃক্ত করার পরে ইহাতে

কার্বন ডাই-অক্সাইড চালাইলে প্রথম পর্যায়ে অ্যামোনিয়াম কার্বনেট গঠিত হয়। দ্বিতীয় পর্যায়ে এই অ্যামোনিয়াম কার্বনেট সোডিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম কার্বনেট তৈরী করে। তৃতীয় পর্যায়ে এই সোডিয়াম কার্বনেট অতিরিক্ত কার্বন ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম বাই-কার্বনেটে পরিণত হয় এবং ইহার স্বল্প দ্রবণতার জন্য এই সোডিয়াম বাই-কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই সোডিয়াম বাই কার্বনেট পরিস্রুত, শুষ্ক ও উত্তপ্ত করিয়া সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত করা হয়। বিক্রিয়া, মেলরের মতে, অনুরূপ :

$$2NH_3+CO_2+H_2O=(NH_4)_2CO_3$$

$$(NH_4)_2CO_3+2NaCl=Na_2CO_3+2NH_4Cl$$

$$Na_2CO_3+CO_2+H_2O=2NaHCO_3\downarrow$$

$$2NaHCO_3=Na_2CO_3+CO_2\uparrow+H_2O\uparrow$$

মেলর বলেন যে অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেটও স্বল্প দ্রবণীয় এবং ইহা গঠিত হইলে বিক্রিয়া তাপহারক বা এণ্ডোথার্মিক হইত কিন্তু কার্যত বিক্রিয়া তাপ উদ্ভাবক বা একসোথার্মিক। তাই, তিনি বলেন যে অ্যামোনিয়াম বাই কার্বনেট গঠিত না হইয়া দ্বিতীয় পর্যায়ে সোডিয়াম কার্বনেট গঠিত হয়।

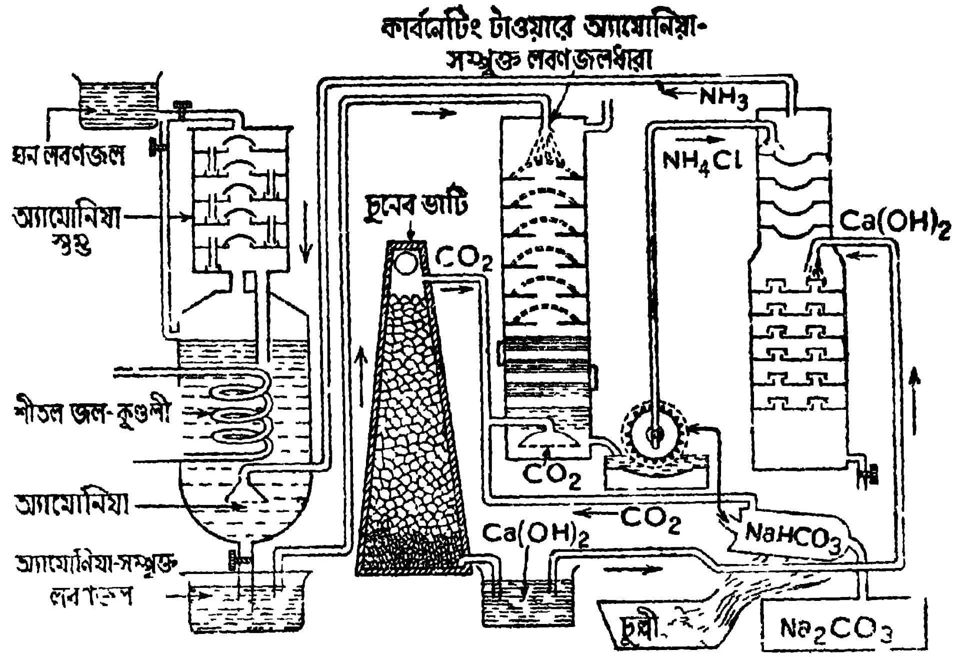
যন্ত্র ও উৎপাদন ব্যবস্থা : সোডিয়াম কার্বনেট উৎপাদনের কারখানায় দুইটি স্তম্ভ ব্যবহার করা হয়। প্রথমে **অ্যামোনিয়া-স্তম্ভে** ঘন লবণ-জলের সঙ্গে অ্যামোনিয়া মিশ্রিত করিয়া অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্ত লবণ-জলের দ্রবণ তৈরী করা হয়। দ্বিতীয় স্তম্ভটির নাম **কার্বনেটিং টাওয়ার** (carbonating tower)। এই স্তম্ভে অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্ত লবণ-জলের সঙ্গে কার্বন ডাই-অক্সাইড মিশ্রিত করিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পন্ন করা হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী করা হয় চুনা-ভাটিতে চুনাপাথর দগ্ধ করিয়া। অ্যামোনিয়াম ও কার্বন ডাই-অক্সাইড একবার উৎপন্ন হইলে বারবার ইহাদের উপজাত (by-product) পদার্থরূপে ব্যবহার করা যায়।

প্রথম স্তম্ভটির উপর হইতে ঘন লবণ-জল ঝরানো হয় উপরে-নীচে সারি সারি কতকগুলি সচ্ছিদ্র প্লেটের উপরে। স্তম্ভের মধ্যে অ্যামোনিয়া পাঠানো হয় তলদেশ হইতে। নিম্নগামী লবণ-জলের ধারা ঊর্ধ্বগামী অ্যামোনিয়া গ্যাস সচ্ছিদ্র প্লেটের মধ্যে ঘনিষ্ঠভাবে মিশ্রিত হইবার সুযোগ লাভ করে। এইভাবে অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্ত

যে লবণ-জলের দ্রবণ তৈরী হয় তাহা স্তম্ভের তলায় রক্ষিত গ্রাহক পাত্রে সংগৃহীত হয়। যে উদ্বৃত্ত অ্যামোনিয়া নির্গম-নলের মাধ্যমে নির্গত হইয়া যায় তাহা আবার অ্যামোনিয়া স্তম্ভের তলদেশে পাঠানো হয়।

অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্ত দ্রবণ 40°C—60°C তাপাংকে রাখার প্রয়োজন হয়। তাই, স্তম্ভের তলদেশে দ্রবণের গ্রাহকপাত্রে রক্ষিত কুণ্ডলী-নলের ভিতর দিয়া শীতল জল প্রবাহিত করিয়া তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রিত করা হয়। কারণ, উচ্চতাপে লবণ-জলের মধ্যে অ্যামোনিয়ার দ্রবণীয়তা হ্রাস পায়।

দ্বিতীয় স্তম্ভে তথা কার্বনেটিং টাওয়ারের (carbonating tower) উপর হইতে ঝরানো হয় অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্ত লবণ-জলের ধারা এবং স্তম্ভের তলদেশ হইতে পাঠানো হয় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস। স্তম্ভের মাঝখানে সারি সারি সচ্ছিদ্র প্লেটের নিম্নগামী অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্ত লবণ-জলের সঙ্গে ঊর্ধ্বগামী কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনিষ্ঠ সংস্পর্শে যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে তাহাতে প্লেটের উপরে সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের অধঃক্ষেপ পড়ে এবং ইহা নিচে পড়িয়া স্তম্ভের তলায় সংগৃহীত হয়। স্তম্ভের তাপ নির্দিষ্ট রাখা হয় 30°C—40°C তাপাংকের মধ্যে এবং শেষ পর্যায়ে তাপাংক 15°C পর্যন্ত নামান হয়।



অ্যামোনিয়া সোডা (সল্‌ভে) পদ্ধতির যান্ত্রিক ব্যবস্থা

এই সোডিয়াম বাই-কার্বনেট ঘূর্ণায়মান সাক্‌শন ফিলটারের (Rotary suction filter) সাহায্যে পৃথক করিয়া জলে ধুইয়া ও শুষ্ক করিয়া 180°C তাপাংকে

উত্তপ্ত করিয়া সোডিয়াম কার্বনেট তৈরী হয়। এরূপ সোডা ভস্ম 99·5% বিশুদ্ধ। এই বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসও তৈরী হয়। এই কার্বন ডাই-অক্সাইড কার্বনেটিং টাওয়ারে পাঠাইয়া পুনরায় ব্যবহার করা হয়।

অ্যামোনিয়া পুনরুদ্ধার (Recovery of Ammonia) : ইহা করা হয় অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে। সমগ্র বিক্রিয়ায় অবশেষ রূপে পাওয়া যায় অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড। প্রথম অবস্থায় কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী করার জন্য চুনাপাথর দগ্ধ করার পরে অবশিষ্ট থাকে চুন (CaO)। ইহা জলের সঙ্গে মিশাইয়া স্লেকড্ লাইমে [$Ca(OH)_2$] পরিণত করা হয়। [$CaCO_3 = CaO + CO_2$, $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$]। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে এই স্লেকড লাইমের বিক্রিয়া ঘটাইয়া তৈরী করা হয় অ্যামোনিয়া। এই অ্যামোনিয়া পুনরায় সরবরাহ করিয়া সলভে বিক্রিয়া চালু রাখা হয়।

বিক্রিয়া : $2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = 2NH_3 + CaCl_2 + 2H_2O$

বর্তমানে সল্‌ভে পদ্ধতিতে প্রাপ্ত অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে অ্যামোনিয়া পুনরুদ্ধারের প্রয়োজন হয় না। সংশ্লেষণী পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেন সরাসরি যুক্ত করিয়া অ্যামোনিয়া তৈরী করা হয় এবং তাহাই সল্‌ভে পদ্ধতিতে ব্যবহার করা হয়। সল্‌ভে পদ্ধতিতে যে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড তৈরী হয় তাহা সাররূপে ব্যবহার করা হয়।

সল্‌ভে পদ্ধতির শ্রেষ্ঠতা : (i) এই পদ্ধতিতে ব্যবহৃত কাঁচামাল সস্তা বলিয়া সোডা উৎপাদনের খরচ কম। (ii) এই পদ্ধতিতে প্রাপ্ত সোডা অপেক্ষাকৃত বিশুদ্ধ (96·5% বিশুদ্ধ) (iii) এই পদ্ধতিতে উৎপাদন ক্ষমতা বেশী। (iv) এই পদ্ধতিতে প্রাপ্ত উপজাত পদার্থ অ্যামোনিয়া ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপাদনের উপাদানরূপে বার বার ব্যবহার করা যায়। (v) এই পদ্ধতিতে অধিক উত্তাপের প্রয়োজন হয় না। (vi) এই পদ্ধতিতে যে সোডিয়াম বাই-কার্বনেট তৈরী হয় তাহা ঔষধরূপে এবং বেকারীতে বেকিং পাউডার রূপে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

এই পদ্ধতিতে অসুবিধা এই যে অ্যামোনিয়া-সংস্পৃক্ত লবণ দুর্গন্ধ-যুক্ত এবং ইহা ক্ষারধর্মী। উপজাত দ্রব্যরূপে যে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড তৈরী হয় তাহার বিশেষ কোন ব্যবহার নাই।

বর্তমানে সল্‌ভে পদ্ধতিই সোডা প্রস্তুতির প্রধান উপায়। লেঁ ব্ল্যাংক পদ্ধতি ব্যয়সাধ্য এবং এই পদ্ধতিতে প্রাপ্ত সোডা অপবিশুদ্ধ। সল্ট-কেক ও

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড তৈরী করার জন্য লেঁ ব্ল্যাংক পদ্ধতির শুধু প্রথমাংশ এখনও প্রচলিত রহিয়াছে।

3. তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতি

(Electrolytic Process)

রাসায়নিক পদ্ধতি (Chemical principle): সম্পৃক্ত লবণ-জলের তড়িদ্‌-বিশ্লেষণে কষ্টিক সোডা (NaOH) এবং ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। এই কষ্টিক সোডার মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালাইয়া সোডিয়াম কার্বনেট বা সোডা তৈরী করা হয়।

(i) সম্পৃক্ত ঘন লবণ-জল (brine) তথা সোডিয়াম ক্লোরাইডের ঘন দ্রবণের তড়িদ্‌বিয়োজনের ফলে দ্রবণে সোডিয়াম, ক্লোরাইড, হাইড্রোজেন এবং হাইড্রোক্সিল আয়ন (Na^+, Cl^-, H^+, OH^-) বর্তমান থাকে। এরূপ দ্রবণের তড়িদ্‌বিশ্লেষণের ফলে হাইড্রোজেনের কম তড়িদ্‌ক্ষরণের আগ্রহের বা বিভবতার (discharge potential) জন্য ক্যাথোডে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। পক্ষান্তরে বিপরীত কারণে অ্যানোডে উৎপন্ন হয় ক্লোরিন। যথা:

তড়িদ্‌বিয়োজন: $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$, $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$

ক্যাথোড বিক্রিয়া: $H^+ + e \rightarrow H , H + H \rightarrow H_2 \uparrow$

অ্যানোড বিক্রিয়া: $Cl^- - e \rightarrow Cl , Cl + Cl \rightarrow Cl_2 \uparrow$

(ii) তড়িদ্‌বিশ্লেষণের ফলে দ্রবণে সোডিয়াম আয়ন ও হাইড্রোক্সিল আয়ন বর্তমান থাকে এবং ইহাদের সংযোগে সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড বা কষ্টিক সোডা গঠিত হয়। যথা:

$Na^+ + OH^- \rightleftharpoons NaOH$ (কষ্টিক সোডা)

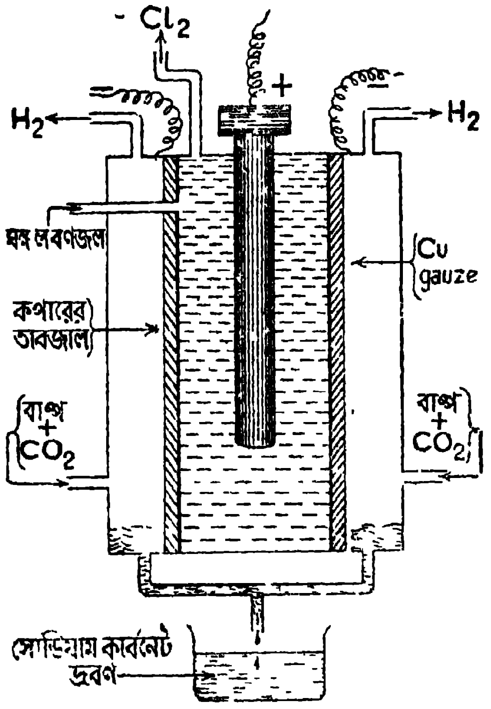
(ii) এই কষ্টিক সোডার মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালাইয়া সোডিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন করা হয়। যথা:

$2NaOH + CO_2 = H_2O + Na_2CO_3$ (সোডিয়াম কার্বনেট)

(iv) এই সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ বাষ্পায়িত করিয়া স্ফটিকাকারে সোডিয়াম কার্বনেট তৈরী করা হয়।

যন্ত্র ও উৎপাদন ব্যবস্থা: উদ্ভাবকের নামানুসারে এই পদ্ধতিকে অনেক সময় হারগ্রীভস্‌ বার্ড পদ্ধতিও (Hargreaves-Bird Process) বলা হয়। এই পদ্ধতিতে লবণ-জলের তড়িদ্‌বিশ্লেষণ করা হয় বিশেষ ধরনের বৈদ্যুতিক সেলে (cell)। সেলের আবদ্ধ পাত্রটি লোহা দ্বারা

তৈরী। সেলটি দুইটি পুরু এবং সচ্ছিদ্র অ্যাসবেসটস পর্দা (diaphragm) দ্বারা ত্রি-কক্ষে বিভক্ত। অ্যাসবেস্টস্ পর্দার বাহিরের প্রাচীর তামার তারজাল দ্বারা আবৃত। এই তামার তার-জালকে **ক্যাথোড** রূপে ব্যবহার করা হয়। অ্যাসবেসটস্ কক্ষে একটি বা দুইটি কার্বন-দণ্ড ঝুলানো থাকে। এই কার্বন-দণ্ড **অ্যানোড** রূপে ব্যবহৃত হয়। বাষ্প ও কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবেশের জন্য লোহার সেলের বাহিরের প্রাচীরে আগম-নল (inlet) ফিট করা থাকে।



হারগ্রীভস্-বাড পদ্ধতির যান্ত্রিক ব্যবস্থা

অ্যাসবেসটস্ কক্ষ সর্বদা লবণ-জলে পূর্ণ করিয়া রাখা হয়। তড়িদ-বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে তথা, তার-জালের উপরে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইয়া নির্গম নলদ্বারা নির্গত হইয়া যায় এবং ক্যাথোডের কাছে সোডিয়াম ও হাইড্রোক্সিল আয়ন তথা সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড ($Na^+ + OH^- \rightleftharpoons NaOH$) সঞ্চিত হয়।

কার্বন-দণ্ডে উৎপন্ন হয় ক্লোরিন গ্যাস। এই ক্লোরিন গ্যাস নির্গম-নলের পথে বাহিরে পাঠানো হয়। এই ক্লোরিন ব্লিচিং পাউডার বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড তৈরী করার জন্য ব্যবহার করা হয়।

তারজালে যে সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড ($NaOH$) সঞ্চিত হয় তাহা আগম-নলের পথে আগত বাষ্প ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া সোডিয়াম কার্বনেট তৈরী করে।

এরূপ পদ্ধতিতে প্রাপ্ত সোডিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে প্রায় 12% সোডিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত থাকে। এই মিশ্রিত দ্রবণ অনুপ্রেষ বাষ্পায়কে (vacuum evaporator) বাষ্পীভূত করিয়া সোডিয়াম ক্লোরাইড বিচ্ছিন্ন করা হয়। কারণ, লবণের দ্রবণীয়তা সোডিয়াম কার্বনেটের চেয়ে কম। সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ শেষ পর্যায়ে বাষ্পায়িত করিয়া সোডার দানায় পরিণত করা হয়।

লে ব্ল্যাঙ্ক, সল্‌ভে ও তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতির তুলনা

বিভিন্ন পদ্ধতির সুবিধা

1. লে ব্ল্যাঙ্ক পদ্ধতি	2. সলভে পদ্ধতি	3. তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতি
(i) উপজাত পদার্থরূপে HCl উৎপন্ন হয়।	(i) লবণ ও চুনা পাথর সস্তা বলিয়া সোডা উৎপাদনের ব্যয় কম।	(i) এই পদ্ধতিতে সবচেয়ে কম ব্যয়ে সোডা উৎপন্ন করা যায়।
(ii) কালো ভস্মের (black ash) অদ্রবণীয় অংশ হইতে সালফার নিষ্কাশিত করা হয়।	(ii) উপজাত দ্রব্যরূপে যে NH_3 এবং CO_2 পাওয়া যায় তাহা বারংবার ব্যবহার করা যায়।	(ii) বিশেষ বিশুদ্ধ সোডা তৈরী করা যায়।
(iii) সল্ট কেক প্রচুর পরিমাণে কাচ শিল্পে ব্যবহৃত হয়।	(iii) উৎপন্ন সোডা প্রায় 99.5% বিশুদ্ধ।	(iii) উপজাত দ্রব্যরূপে প্রাপ্ত ক্লোরিন ব্লিচিং পাউডার ও অন্যান্য শিল্পে ব্যবহার করা হয়।
	(iv) এই পদ্ধতিতে প্রাপ্ত সোডিয়াম বাই-কার্বনেট ঔষধরূপে এবং অন্যান্য শিল্পে ব্যবহার করা হয়।	(iv) উপজাত হাইড্রোজেন HCl তৈরী করার জন্য ব্যবহার করা যায়।
	(v) এই পদ্ধতির উৎপাদন ক্ষমতা বেশি।	

বিভিন্ন পদ্ধতির অসুবিধা

(i) এই পদ্ধতি সবচেয়ে ব্যয়সাধ্য।	(i) উপজাত ক্লোরিন অব্যবহৃত থাকিয়া নষ্ট হইয়া যায়।	(i) এই পদ্ধতির অসুবিধা সামান্য। ক্লোরিনের ব্যবহারের চেয়ে সোডার চাহিদা অনেক বেশি বলিয়া এই পদ্ধতির শ্রেষ্ঠতা সত্ত্বেও শিল্পক্ষেত্রে সল্‌ভে পদ্ধতিতেই অধিকতর সোডা উৎপন্ন করা হয়।
(ii) প্রাপ্ত সোডা পরিশুদ্ধ নয়।	(ii) বেশি NaCl ব্যয় হয়	
(iii) ক্ষতিকারক গ্যাস উপজাত দ্রব্যরূপে উৎপন্ন হয়।	(iii) NH_3 সংরক্ষণের জন্য বিশেষ ব্যবস্থা করিতে হয়।	
	(vi) NH_3 সম্পৃক্ত লবণ জল দুর্গন্ধযুক্ত।	(ii) বৈদ্যুতিক শক্তির উপর নির্ভরশীল।
	(v) উপজাত $CaCl_2$ ব্যবহার করা হয় না।	

সোডিয়াম কার্বনেটের ধর্ম

সোডিয়াম কার্বনেট পাওয়া যায় তিন আকারে। যথা :

(i) **স্ফটিকাকার সোডা** (Crystal carbonate) : $Na_2CO_3, 10H_2O$: অনার্দ্র সোডা জলে দ্রবীভূত করিয়া সেই দ্রবণ বাষ্পায়িত করিলে স্ফটিকাকার সোডা পাওয়া যায়। যথা :

$$Na_2CO_3 + 10H_2O \rightarrow Na_2CO_3, 10H_2O.$$

(ii) **সাধারণ সোডা** (Washing Soda) : ইহার ফর্মুলা—Na_2CO_3, H_2O , স্ফটিকাকার সোডার নিয়ন্ত্রিত উত্তাপনে ইহা প্রস্তুত করা যায়।

(iii) **সোডা ভস্ম** (Soda ash) : উত্তাপে বিশুষ্ক স্ফটিক জলহীন অনার্দ্র সোডাকে বলা হয় সোডা অ্যাস বা ভস্ম। ইহার ফর্মুলা—Na_2CO_3.

(iv) **তাপ-ক্রিয়া** (Action of heat) : 851°C তাপাংকে সোডিয়াম কার্বনেট বিগলিত হয় কিন্তু ভাঙিয়া অন্যান্য যৌগে রূপান্তরিত হয় না।

(v) **আর্দ্রবিশ্লেষণ** (Hydrolysis) : সোডিয়াম কার্বনেট জলীয় দ্রবণে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয় বলিয়া ইহার দ্রবণে ক্ষারধর্ম প্রকাশ পায়। যথা :

$$Na_2CO_3 + 2H_2O \rightleftharpoons 2NaOH + H_2CO_3$$

(vi) **ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া :** অধিকাংশ ধাতব লবণের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া ইহা অদ্রবণীয় ধাতব লবণ অধঃক্ষিপ্ত করে [$CaCl_2 + Na_2CO_3 = 2NaCl + CaCO_3 \downarrow$]। কোন কোন ক্ষেত্রে ক্ষারকীয় লবণ অধঃক্ষিপ্ত করে এবং হাইড্রোকসাইড বা অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করে। যথা :

$$Na_2CO_3 + CaCl_2 = 2NaCl + CaCO_3 \downarrow$$

$$2FeCl_3 + 3Na_2CO_3 + 3H_2O = 2Fe(OH)_3 + 6NaCl + 3CO_2$$

(vii) **বাই-কার্বনেট গঠন :** সোডিয়াম কার্বনেটের জলীয় দ্রবণে কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) প্রবাহিত করিলে স্বল্প দ্রবণীয় সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের অধঃক্ষেপ পড়ে। যথা :

$$Na_2CO_3 + H_2O + CO_2 \rightleftharpoons 2NaHCO_3 \downarrow$$

(viii) **অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া :** ইহা খনিজ অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিডের লবণ গঠন করে। যথা :

$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + CO_2 + H_2O$$

(ix) **কলিচুনের সঙ্গে বিক্রিয়া :** কলিচুনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় (80°C) কষ্টিক সোডা গঠন করে। যথা :

$$Na_2CO_3 + Ca(OH)_2 = 2NaOH + CaCO_3 \downarrow$$

(x) **মিশ্র লবণ** (Mixed Carbonates) **গঠন :** সম আণবিক ওজনের পরিমাণে (equimolecular amount) সোডিয়াম কার্বনেট ও বাই-কার্বনেটের মিশ্রণ 35°C তাপাংকে শীতল করিয়া বাষ্পায়িত করিলে সোডিয়াম সেসকুই-কার্বনেট (Sodium sesqui-carbonate—সাজিমাটি) অর্থাৎ, **মিশ্র-কার্বনেট—বাই-কার্বনেট স্ফটিক** তৈরী হয়। যথা :

$$Na_2CO_3, NaHCO_3, 2H_2O$$

সোডিয়াম কার্বনেটের ব্যবহার : (i) কাচ, সাবান ও কষ্টিক সোডার প্রস্তুতিতে, (ii) সূতি-শিল্পে, (iii) জলের ক্ষারকত্ব দূরীকরণে, (vi) কাগজ শিল্পে, (v) অন্যান্য সোডিয়ামের যৌগ (বোরাক্স বা সোহাগা) উৎপাদনে (vi) বেকিং পাউডার ($NaHCO_3$) তৈরীর জন্য, (vii) কাপড় কাচার প্রয়োজনে এবং (viii) রসায়নাগারের বিকারকরূপে—সোডিয়াম কার্বনেট প্রধানত ব্যবহার করা হয়। ইহা বহু শিল্পে বিশেষ প্রয়োজনীয় একটি **ভারী রাসায়নিক** (heavy chemical) দ্রব্য।

সোডিয়াম বাই-কার্বনেট

(Sodium bi carbonate)

সলভে পদ্ধতি অনুযায়ী অথবা সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করিয়া অদ্রবণীয় সোডিয়াম বাই-কার্বনেট তৈরী করা হয় এবং ইহা ফিলটার করিয়া পৃথক করিয়া শুষ্ক করা হয়।

বিক্রিয়া : $Na_2CO + CO_2 + H_2O = 2NaHCO_3 \downarrow$

ইহা জলে সামান্য দ্রবণীয়। 100°C তাপাংকে ইহা কার্বনেটে পরিণত হয়। যথা :

$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

ইহা ঔষধ রূপে এবং বেকিং পাউডার রূপে প্রচুর পরিমাণ ব্যবহৃত হয়।

কস্টিক সোডা বা সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড

(Caustic Soda)

কষ্টিক সোডা অন্যতম প্রধান **ক্ষার** বা অ্যালকালী। বোধ হয় ভারতীয় 'ক্ষার' শব্দটি আরব দেশে 'কাল্' শব্দে রূপান্তরিত হইয়া আরবী আল্-কালী শব্দে পরিণত হইয়াছে। প্রাচীন ভারতে ক্ষারের পরিচয় জানা ছিল এবং ভারতীয় রসায়নীরা ক্ষারকে 'মৃদু ক্ষার', 'মধ্যম ক্ষার' ও 'তীব্র ক্ষার'—এই তিন শ্রেণীতে ভাগ করেন।

কস্টিক সোডা প্রস্তুত

(Preparation of Caustic Soda)

কষ্টিক সোডা তৈরী করা হয় তিন রকম পদ্ধতিতে। যথা :

1. সোডা-কলিচুন বা সোডার ক্ষারীকরণ পদ্ধতি (Slaked lime or Causticising process)
2. তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতি (Electrolytic process)
3. কাস্টনার-কেলনার পদ্ধতি (Castner-Kellner process)

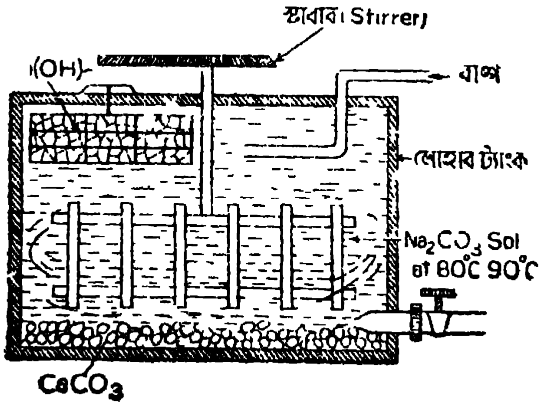
1. ক্ষারীকরণ বা সোডা-কলিচুন পদ্ধতি

(Slaked lime or Causticising process)

রাসায়নিক পদ্ধতি (Chemical process) **:** সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের সঙ্গে কলিচুন অর্থাৎ ক্যালসিয়াম হাইড্রোক্সাইড [$Ca(OH)_2$] ফুটাইলে কষ্টিক সোডা ও ক্যালসিয়াম কার্বনেট তৈরী হয়। কষ্টিক সোডা জলে দ্রবণীয় কিন্তু ক্যালসিয়াম কার্বনেট অদ্রবণীয়। কষ্টিক সোডা দ্রবণ আস্রাবিত করিয়া এবং ইহা ভিন্নপাত্রে রাখিয়া বাষ্পায়িত করিয়া কঠিন কষ্টিক সোডার দানা তৈরী করা হয়। সোডিয়াম কার্বনেট মৃদু ক্ষার কিন্তু কষ্টিক সোডা তীব্র ক্ষার। তাই, সোডা—কলিচুন পদ্ধতিকে সোডার **ক্ষারীকরণ** পদ্ধতি বলা হয়। ক্ষারীকরণের বিক্রিয়া ঘটে নিম্নরূপভাবে :

$$Na_2CO_3 + Ca(OH)_2 = 2NaOH + CaCO_3 \downarrow$$

যন্ত্র ও উৎপাদন ব্যবস্থা : ক্ষারীকরণ পাত্ররূপে একটি চতুষ্কোণ লোহার ট্যাংক 10—20% সোডার (Na_2CO_3) দ্রবণে পূর্ণ করা হয়। একটি তারজালের থলিতে কলিচুন [$Ca(OH)_2$] ভরিয়া এই ট্যাংকের সোডার দ্রবণের মধ্যে ঝুলাইয়া রাখা হয়। সোডার দ্রবণ ও কলিচুনের সংযোগে যে উত্তাপ সৃষ্টি হয় তাহাতে দ্রবণ প্রায় ফুটিতে আরম্ভ করে। বিকারক দ্রবণের তাপমাত্রা যাহাতে 80°C – 90°-এর মধ্যে থাকে সেইজন্য দ্রবণের মধ্যে প্রয়োজন অনুযায়ী



ক্ষারীকরণ পদ্ধতির যান্ত্রিক ব্যবস্থা

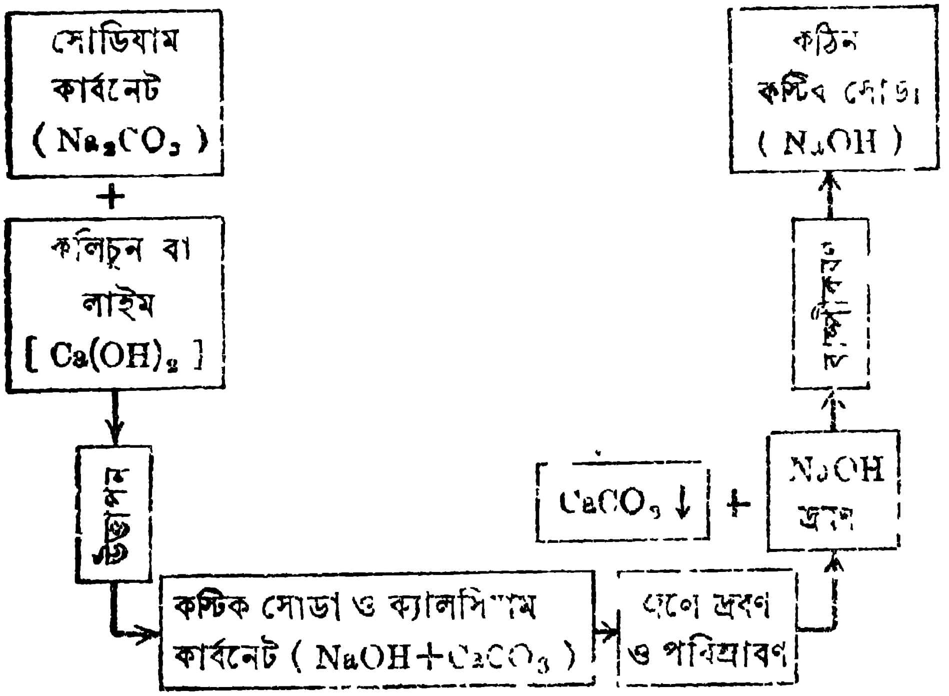
বাষ্প চালানো হয়। সোডা ও কলিচুনেব ঘনিষ্ঠ সংযোগে ক্ষারীকরণ বিক্রিয়া সুসম্পন্ন করাব উদ্দেশ্যে যান্ত্রিক নাড়নকাটা বা আলোড়ক (stirer) ব্যবহার করা হয়।

বিক্রিয়া শেষে ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$) অধঃক্ষিপ্ত হইয়া ট্যাংকের তলায় পড়িয়া যায়। উপর হইতে কষ্টিক সোডাব ($NaOH$) দ্রবণ আস্রাবিত করিয়া লওয়া হয় এবং অনুপ্রেষ বাষ্পায়কে (vacuum evaporator) বাষ্পীভূত কবিয়া 50% ঘন কবা হয় এবং ইহা লোহার পাত্রে পুনরায় বাষ্পায়িত কবিয়া কষ্টিক সোডার দানা তৈবী করা হয়। এই দানা বিগলিত কবিয়া কষ্টিক সোডাব গোল-দানা (globules) বা দণ্ড তৈবী কবা হয়।

কস্টিক সোডা প্রস্তুতি

1. ক্ষারীকরণ বা সোডা-কলিচুন পদ্ধতি

(Lime-Soda Process)



ক্ষাবীকরণ পদ্ধতি জন্য সোডাব অর্থাৎ সোডিয়াম কার্বনেটের প্রয়োজন। এই সোডাও শিল্প-পদ্ধতিতে তৈবী কবা প্রয়োজন। তাই, এই পদ্ধতি ব্যয়সাধ্য। উপবন্তু এই পদ্ধতিতে প্রাপ্ত কষ্টিক সোডা যথাযথ বিশুদ্ধ নয়।

2. তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতি

(Electrolytic process)

রাসায়নিক পদ্ধতি (Chemical principle): (i) সোডিয়াম ক্লোরাইডের সম্পৃক্ত দ্রবণের তড়িদ্‌বিশ্লেষণের পদ্ধতিতে কষ্টিক সোডা (NaOH) তৈরী করা হয়। সম্পৃক্ত লবণ-জলের (brine) তড়িদ্‌বিয়োজনের ফলে দ্রবণে হাইড্রোজেন, সোডিয়াম, ক্লোরিন ও হাইড্রোক্সিল আয়ন (H^+, Na^+, Cl^-, OH^-) বর্তমান থাকে। যথা:

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^- , \quad H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

(ii) পজেটিভ আয়নরূপে সোডিয়াম ও হাইড্রোজেন আয়নের মধ্যে ক্যাথোডে শুধু হাইড্রোজেন আয়নের তড়িৎ প্রশমিত হইয়া হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। যথা:

ক্যাথোড বিক্রিয়া: $H^+ + e \rightarrow H : H + H \rightarrow H_2 \uparrow$

নেগেটিভ আয়নরূপে ক্লোরিন ও হাইড্রোকসিল আয়নের মধ্যে অ্যানোডে ক্লোরিন আয়ন ইলেকট্রন বর্জন করিয়া প্রথমে ক্লোরিন পরমাণু এবং পরে ক্লোরিন অণুতে পরিণত হয়। যথা:

অ্যানোড বিক্রিয়া: $Cl^- - e \rightarrow Cl , Cl + Cl \rightarrow Cl_2 \uparrow$

(iii) এরূপ তড়িদ্‌বিশ্লেষণের ফলে দ্রবণে সোডিয়াম আয়ন (Na^+) এবং হাইড্রোক্সিল আয়ন (OH^-) বর্তমান থাকে। এই বিপরীতধর্মী আয়নগুলি পরস্পরে আকর্ষিত হইয়া সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড বা কষ্টিক সোডা গঠন করে এবং ইহা দ্রবণের মধ্যে দ্রবীভূত থাকে। যথা:

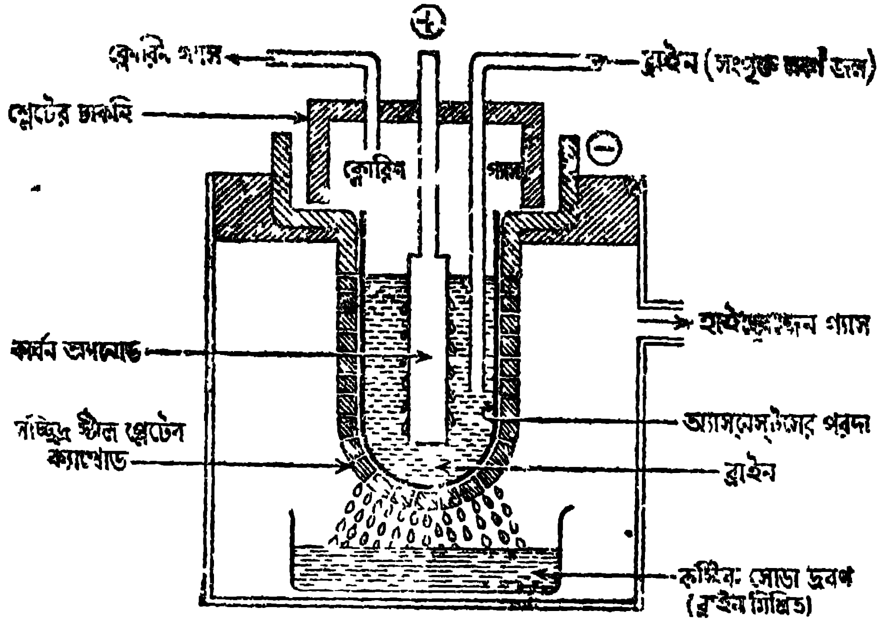
$$Na^+ + OH^- \rightleftharpoons NaOH$$

(iv) এই কষ্টিক সোডার দ্রবণ বাষ্পায়িত করিয়া কঠিন কষ্টিক সোডার দানা বা দণ্ড (granules or stick) তৈরী করা হয়।

যন্ত্র ও উৎপাদন ব্যবস্থা: এই পদ্ধতিতে কষ্টিক সোডা তৈরী করা হয় তড়িদ্‌বিশ্লেষণ সেলে। এরূপ সেল দুইটি কক্ষে বা তিনটি কক্ষে অ্যাসবেসটস্ পর্দা (diaphragm) দ্বারা বিভক্ত এবং এই পর্দার বাইরের প্রাচীরটি লোহার তার-জাল দ্বারা আবৃত। লোহার এই তার-জাল **ক্যাথোড**-রূপে ব্যবহৃত হয়। অ্যাসবেসটস্ কক্ষে ঝুলানো থাকে একটি কার্বন-দণ্ড। এই কার্বন-দণ্ডটিকে **অ্যানোড**-রূপে ব্যবহার করা হয়। আবদ্ধ অ্যাসবেসটস কক্ষটির উপরের দিকে থাকে একটি গ্যাস-নির্গম নল। সমগ্র অ্যাসবেসটস্ পাত্রটি একটি বৃহত্তর লোহার পাত্রের মধ্যে স্থাপন করা হয়।

অ্যাসবেসটস্ পাত্র ঘন লবণ-জলের দ্রবণে পূর্ণ করিয়া রাখা হয়। তড়িদ্‌বিশ্লেষণের ফলে তার-জালের উপরে তথা ক্যাথোডে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইয়া

নির্গত হইয়া যায় এবং তার-জালের কাছে সোডিয়াম আয়ন (Na^+) সঞ্চিত হয়। সচ্ছিদ্র অ্যাসবেসটসের ভিতর দিয়া জল চুয়াইয়া জলের হাইড্রোক্সিল আয়ন (OH^-) সোডিয়াম আয়নের (Na^+) সংগে সংযুক্ত হইয়া কষ্টিক সোডা (NaOH) তৈরী হয় এবং ইহা জলের মধ্যে দ্রবীভূত থাকে। এই কষ্টিক সোডার দ্রবণ অনুপ্রেষ বাষ্পায়কে স্থানান্তরিত এবং বাষ্পীভূত করিয়া কষ্টিক সোডার দানা বা দণ্ড তৈরী করা হয়।



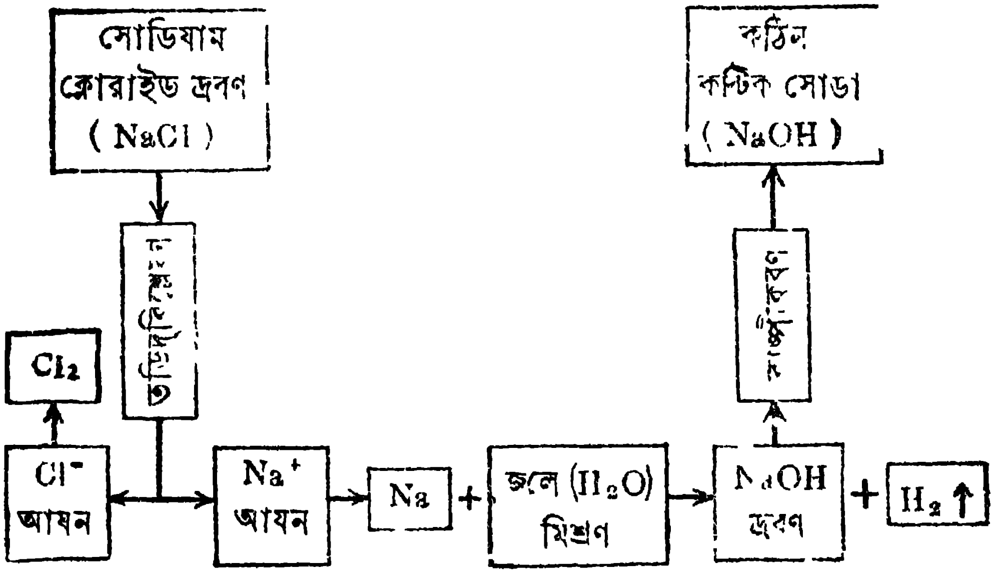
তড়িদ্বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে কষ্টিক সোডা প্রস্তুতির যান্ত্রিক ব্যবস্থা বা সেল

নির্গত ক্লোরিন নির্গম-নলের পথে সেল হইতে বাহির হইয়া যায়।

এরূপ পদ্ধতিতে প্রাপ্ত কষ্টিক সোডায় স্বল্প পরিমাণে লবণ মিশ্রিত থাকে।

তড়িদ্ বিশ্লেষণ পদ্ধতি :

(Electrolytic Process)



3. কাস্টনার-কেলনার পদ্ধতি

(Castner-Kellner Process)

রাসায়নিক পদ্ধতি ((Chemical Principle) : কাস্টনার-কেলনার পদ্ধতি সম্পৃক্ত লবণ-জল (brine) তথা সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের তড়িদ্‌-বিশ্লেষণেরই একটি বিকল্প পদ্ধতি মাত্র। এই পদ্ধতিতে তড়িদ্‌বিশ্লেষণ ক্রিয়া দুই পর্যায়ে এবং দুই কক্ষে (A ও B) সম্পন্ন করা হয়। দ্রবণরূপে ব্যবহার করা হয় ঘন লবণ-জল (brine) বা ঘন সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ।

প্রথম কক্ষে (A) সোডিয়াম উৎপন্ন হয় এবং দ্বিতীয় কক্ষে (B) উৎপন্ন হয় কষ্টিক সোডার দ্রবণ। তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পাত্রের তলায় পারদ বা মার্কারীর একটি স্তর (layer) থাকে। প্রথম কক্ষে (A) এই পারদ স্তর ক্যাথোডের কাজ করে এবং অ্যানোডরূপে ব্যবহার করা হয় একটি ঝুলান কার্বন (গ্রাফাইট)-দণ্ড। দ্বিতীয় কক্ষে (B) এই পারদ বা মার্কারী স্তর অ্যানোডের কাজ করে এবং একটি ঝুলান লোহার দণ্ড ব্যবহার করা হয় ক্যাথোড রূপে।

প্রথম কক্ষে (A) থাকে ঘন লবণ-দ্রবণ (brine) এবং দ্বিতীয় কক্ষে (B) রাখা হয় কষ্টিক সোডার জলীয় দ্রবণ (NaOH solution)। তড়িৎ-বিশ্লেষণ ক্রিয়ায় কষ্টিক সোডা তৈরী হয় অনুরূপভাবে :

(i) প্রথম কক্ষে ঘন লবণ-জলের তড়িদ্‌বিয়োজনে সোডিয়াম ও ক্লোরিন আয়ন গঠিত হয়। যথা :

$$NaCl \rightleftharpoons Na^{+} + Cl^{-}$$

(ii) প্রথম কক্ষে অ্যানোড বিক্রিয়ায় ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। যথা :

$$Cl^{-} - e \rightarrow Cl\ ,\ \ Cl + Cl \rightarrow Cl_2 \uparrow$$

এই ক্লোরিন গ্যাস নির্গম-নলের মাধ্যমে বাহির হইয়া যায়।

(iii) প্রথম কক্ষে উৎপন্ন সোডিয়াম আয়ন ক্যাথোড বিক্রিয়ায় সোডিয়াম পরমাণুতে পরিণত হয়। যথা :

$$Na^{+} + e \rightarrow Na \text{ (পরমাণু)}$$

(iv) এই সোডিয়াম পরমাণু পাত্রের তলায় অবস্থিত মার্কারীর সঙ্গে সোডিয়াম-পারদ-সংকর (sodium amalgam) গঠন করে। এই সোডিয়াম-পারদ-সংকর যান্ত্রিক উপায়ে দ্বিতীয় কক্ষে প্রেরণ করা হয়। পারদ সংকর গঠন ক্রিয়া :

$$Na + Hg \rightarrow Na\text{-}Hg$$

(v) দ্বিতীয় কক্ষে এই পারদ-সংকরে সোডিয়াম পরমাণু জলের সংযোগে সোডিয়াম আয়নরূপে (Na^+) দ্রবীভূত হইয়া যায়। যথা :

দ্বিতীয় কক্ষে ক্যাথোডের বিক্রিয়া : $\underset{\text{পরমাণু}}{Na} - \underset{\text{ইলেকট্রন}}{e} \rightarrow \underset{\text{আয়ন}}{Na^+}$

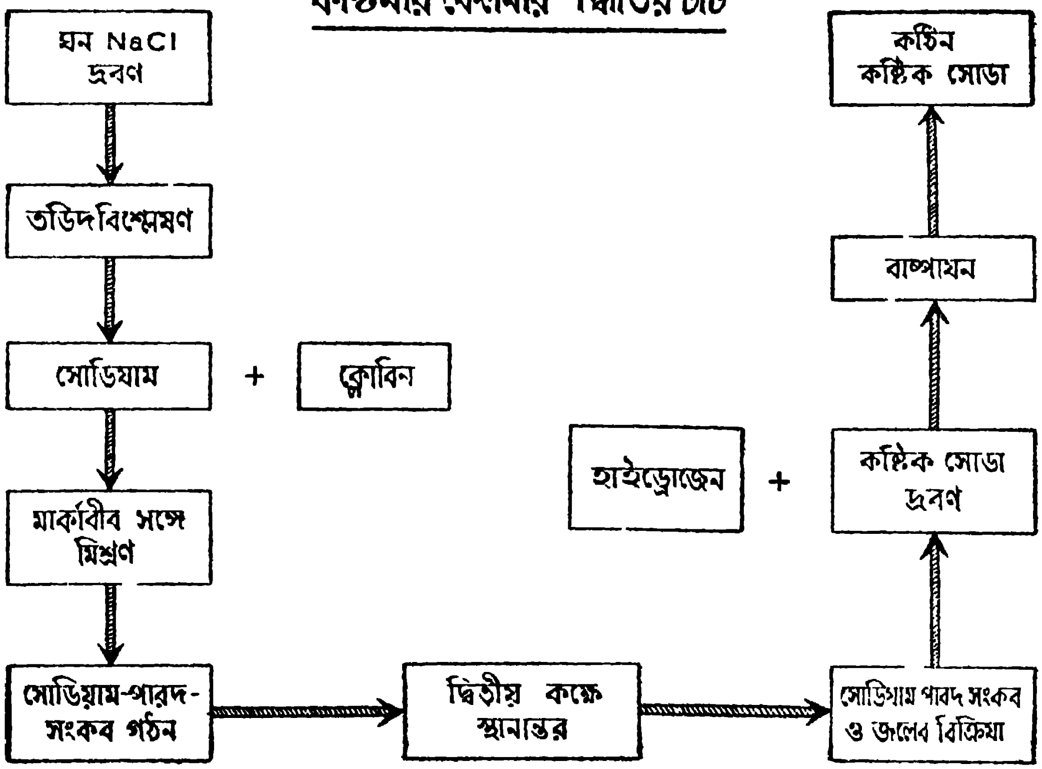
(vi) দ্বিতীয় কক্ষে ক্যাথোড বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন গ্যাস ও হাইড্রোক্সিল আয়ন গঠিত হয়। যথা :

ক্যাথোড বিক্রিয়া : $2H^+ + 2OH^- + 2e \rightarrow H_2\uparrow + 2OH^-$

(vii) দ্বিতীয় কক্ষের জলে বর্তমান থাকে সোডিয়াম আয়ন (Na^+) এবং হাইড্রোক্সিল আয়ন (OH^-), ইহারা পারস্পরিক সংযোগে কস্টিক সোডা ($NaOH$) তৈরী করে এবং ইহা জলে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। যথা :

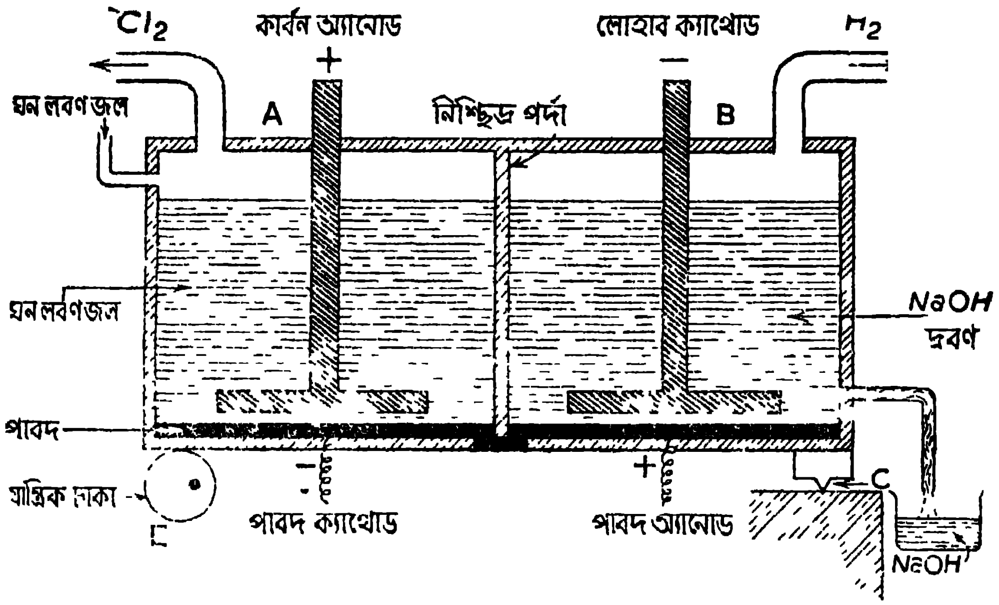
$$Na^+ + OH^- \rightleftharpoons NaOH\ (\text{দ্রবণ})$$

কাস্টনার কেলনার পদ্ধতির চার্ট



(viii) এই কস্টিক সোডার দ্রবণ (40%) বাষ্পায়িত করিয়া কস্টিক সোডার কঠিন দানা বা দণ্ড তৈরী করা হয়। এরূপ কস্টিক সোডা অপেক্ষাকৃত বিশুদ্ধ এবং বর্তমানে ইহাই প্রধান উৎপাদন পদ্ধতি।

যন্ত্র ও উৎপাদন ব্যবস্থা ঃ কাস্টনার-কেলনার পদ্ধতিতে তড়িদ্‌-বিশ্লেষণ সেল স্লেট দ্বারা তৈরী দুইটি কক্ষে গঠিত। প্রথম কক্ষে ঘন লবণ-জলের তড়িদ্‌বিশ্লেষণ করা হয় এবং দ্বিতীয় কক্ষে সোডিয়াম-পারদ-সংকরের সঙ্গে জলের বিক্রিয়া ঘটাইয়া কস্টিক সোডা তৈরী করা হয়।



কাস্টনার-কেলনার পদ্ধতির যান্ত্রিক ব্যবস্থা

প্রথম কক্ষে (A) **অ্যানোড**-রূপে ঝুলানো থাকে এক বা একাধিক কার্বন দণ্ড এবং কক্ষের তলায় তথা মেঝে প্রলিপ্ত থাকে পারদ বা মার্কারির একটি পুরু স্তর। এই **মার্কারির স্তরটিকে ক্যাথোড**-রূপে ব্যবহার করা হয়। এই কক্ষে একটি গ্যাস নির্গম-নল ফিট করা থাকে। প্রথম কক্ষের তলায় একটি যন্ত্র-পরিচালিত চাকা (E) (rocking wheel) থাকে। এই চাকাটি প্রয়োজনমত সেলটিকে উপর-নীচে উঠাইতে বা নামাইতে পারে।

দ্বিতীয় কক্ষের (B) তলায় তথা মেঝে যে পারদ স্তর থাকে তাহা দ্বিতীয় পর্যায়ের বিক্রিয়ায় **অ্যানোড**-রূপে ব্যবহার করা হয় এবং **ক্যাথোড** রূপে ব্যবহার করা হয় এক বা একাধিক লোহার দণ্ড। এই কক্ষের উপরের দিকে একটি গ্যাস নির্গম-নল থাকে এবং তলায় দিকে এক পাশে থাকে কস্টিক সোডা নির্গমের আরেকটি নল (C)। উভয় কক্ষে প্রয়োজনমত মার্কারি ঢালিয়া মেঝেতে পারদ-স্তর তৈরী করা হয়।

প্রথম কক্ষে তড়িদ্‌বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে যে সোডিয়াম উৎপন্ন হয় তাহা ক্যাথোডরূপে ব্যবহৃত পারদের সঙ্গে সোডিয়াম-মার্কারি মিশ্রণ তথা

সোডিয়াম-পারদ সংকর তৈরী করে। অ্যানোডে উৎপন্ন ক্লোরিন নির্গম-নলের পথে বাহির হইয়া যায়। সোডিয়াম-পারদ-সংকর তৈরী হওয়ার পরে যান্ত্রিক চাকার সাহায্যে প্রথম কক্ষটি উপরের দিকে তুলিয়া তরল সোডিয়াম-পারদ-সংকর দ্বিতীয় কক্ষের মেঝে স্থানান্তরিত করা হয়।

এই দ্বিতীয় কক্ষে **পারদ অ্যানোড** এবং **লোহার দণ্ড ক্যাথোডের** কাজ করে। তাই, পারদের অ্যানোড হইতে সোডিয়াম আয়নরূপে জলের মধ্যে দ্রবীভূত হয়। পক্ষান্তরে হাইড্রোজেন লোহার ক্যাথোডদণ্ডে সঞ্চিত হইয়া নির্গম-নলের পথে বাহির হইয়া যায়। ফলে জলের মধ্যে থাকে সোডিয়াম আয়ন (Na^+) এবং হাইড্রোক্সিল আয়ন (OH^-), ইহারাই গঠন করে কস্টিক সোডার ($NaOH$) দ্রবণ।

$$Na^+ + OH^- \rightleftharpoons NaOH$$

এই দ্রবণ অনুপ্রেষ বাষ্পাধারে স্থানান্তরিত করিয়া বাষ্পীভূত করিয়া দানা বা দণ্ডের আকারে কঠিন কস্টিক সোডা তৈরী করা হয়।

কস্টিক সোডার ধর্ম

ভৌত ধর্ম: (i) কস্টিক সোডা সাদা স্ফটিকাকার পদার্থ। (ii) ইহা বিশেষ উদগ্রাহী পদার্থ। তাই, খোলা অবস্থায় রাখিয়া দিলে ইহা আর্দ্র হইয়া যায়। (iii) ইহা 318°C তাপাংকে বিগলিত হয়। (iv) জলে ইহা বিশেষভাবে দ্রবণীয়। ইহার 0°C তাপাংকে দ্রবণীয়তা 42, (v) ইহা জৈব তন্তু বিশেষভাবে ক্ষয় করিয়া দেয় এবং স্পর্শে সাবানের ন্যায় পিচ্ছিল। (vi) জলে দ্রবীভূত হইবার সময় উহা উত্তাপ সৃষ্টি করে।

রাসায়নিক ধর্ম: (i) **তাপের প্রভাব** (Action of heat): 318°C তাপাংকে কস্টিক সোডা বিগলিত হয় এবং 1300°C তাপাংকে কস্টিক সোডা অণু ইহার উপাদানের মৌলরূপে (Na, H_2, O_2) ভাঙ্গিয়া যায়।

(ii) **বায়ুর প্রভাব** (Action of air): উন্মুক্ত বায়ুতে রাখিয়া দিলে কস্টিক সোডা কার্বন ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া সোডায় পরিণত হয়। যথা: $2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$

(iii) **ক্ষারীয় ধর্ম** (Alkaline property) : ইহা তীব্র ক্ষার। তাই, ইহার সংস্পর্শে লাল লিটমাস নীল হইয়া যায় এবং অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ গঠিত হয়। যথা :

$$HCl+NaOH=NaCl+H_2O$$

$$H_2SO_4+2NaOH=Na_2SO_4+2H_2O$$

$$HNO_3+NaOH=NaNO_3+H_2O$$

(iv) **অ্যামোনিয়া বিমোচক** (Ammonia liberator) : ইহা অ্যামোনিয়ার যে-কোন লবণ হইতে অ্যামোনিয়া গ্যাস বিমুক্ত করিয়া দেয়। যথা : $NH_4Cl+NaOH=NH_3\uparrow+NaCl+H_2O$

(vi) **ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া** (Action on metals) : ইহা জিংক, অ্যালুমিনিয়াম ও টিনের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া লবণ ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। যথা :

$2Al+2NaOH+2H_2O=3H_2+2NaAlO_2$ (Na-অ্যালুমিনেট)

$Zn+2NaOH=Na_2ZnO_2$ (Na-জিংকেট) $+H_2$

বায়ুতে কষ্টিক সোডার সঙ্গে উচ্চতাপে বিগলিত করিলে সমস্ত ধাতু বিকৃত হয়।

(vi) **ধাতব লবণের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Action on salts) : অ্যালকালী বা ক্ষারীয় ধাতু (Na, K) ব্যতীত কষ্টিক সোডা দ্রবণ সমস্ত ধাতব লবণের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায় এবং অদ্রবণীয় ধাতব হাইড্রোক্সাইড গঠন করে। লেড, অ্যালুমিনিয়াম ও জিংকের ন্যায় **উভধর্মী** (amphoteric) হাইড্রোক্সাইডের ক্ষেত্রে এই সদ্য উৎপন্ন ধাতব হাড্রোক্সাইড অতিরিক্ত কষ্টিক সোডা দ্রবণে দ্রবীভূত হইয়া যায়। যথা :

$$CuSO_4+2NaOH=Na_2SO_4+Cu(OH)_2\downarrow$$

$$FeCl_3+3NaOH=3NaCl+Fe(OH)_3\downarrow$$

$Al(OH)_3+NaOH$ (অতিরিক্ত) $=NaAlO_2+2H_2O$

$$ZnCl_2+2NaOH=2NaCl+Zn(OH)_2\downarrow$$

$Zn(OH)_2+3NaOH$ (অতিরিক্ত) $=Na_2ZnO_2+2H_2O$

(vii) **ধাতব ও অধাতব অকসাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Action on metallic and non-metallic oxide): ইহা অ্যাসিডধর্মী ও উভধর্মী ধাতব ও অধাতব অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায়। যথা:

$$Al_2O_3+2NaOH=2NaAlO_2+H_2O$$

$$ZnO+2NaOH=Na_2ZnO_2+H_2O$$

$$CO_2+2NaOH=Na_2CO_3+H_2O$$

$$SO_2+2NaOH=Na_2SO_3+H_2O$$

(viii) **অধাতব মৌলের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Action on non-metals): ফসফরাস, সালফার ও ক্লোরিন ইত্যাদি অধাতব মৌলের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া প্রধানত হাইড্রাইড (ফসফিন) যৌগ গঠন করে। যথা:

$$4P+3NaOH+3H_2O=PH_3\ (\text{ফসফিন})+\underset{\text{Na-হাইপোফসফাইট}}{3NaH_2PO_2}$$

$$Cl_2+2NaOH=NaCl+NaOCl+H_2O$$

$$3Cl_2+6NaOH=5NaCl+NaClO_3+3H_2O$$

(ক্লোরিনের অধ্যায় দ্রষ্টব্য)

(ix) **কাচের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Action on glass): ইহা কাচ ক্ষয় করে। তাই প্রশমন ক্রিয়ায় সাধারণত ব্যুরেটে ব্যবহার করা হয় না।

(x) **বিশ্লেষক্ষম পদার্থ** (An electrolyte): ইহা একটি তীব্র বিশ্লেষক্ষম পদার্থ। যথা:

$$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$$

ব্যবহার: (i) সাবান-শিল্পে, (ii) কৃত্রিম সিল্ক উৎপাদনে, (ii) রং-শিল্পে, (iv) কাগজ-শিল্পে, (v) পেট্রোলিয়াম ও (vi) বকসাইট পরিশোধনে এবং অন্যান্য কাজে প্রচুর পরিমাণে কষ্টিক সোডা ব্যবহৃত হয়।

সোডিয়াম সালফেট বা গ্লবার সল্ট

(Glauber's Salt)

উচ্চ তাপে লবণের সঙ্গে সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড তৈরী করার সময় অথবা লে ব্ল্যাংক পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেট তৈরী করার সময় লবণ ও সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রথম বিক্রিয়ায় সোডিয়াম সালফেট পাওয়া যায়। এইরূপ সালফেট লবণ 'কেক'-এর ন্যায় কঠিন আকারে

গঠিত হয় বলিয়া ইহাকে **সল্ট কেক** (Salt cake) বলা হয়। উত্তপ্ত লবণের সঙ্গে সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ইহা গঠিত হয়। যথা :

$$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$$

জলে দ্রবীভূত এবং পরে দ্রবণ ঘনীভূত করিয়া সোডিয়াম সালফেটের স্ফটিক গঠন করা যায়। এরূপ স্ফটিকের ফর্মুলা—$Na_2SO_4, 10H_2O$, ইহা **গ্লবার লবণ** (Glauber's salt) নামেও পরিচিত। এরূপ স্ফটিক উদত্যাগী। যথা : $Na_2SO_4, 10H_2O \rightarrow Na_2SO_4, H_2O + 9H_2O$, ইহা উচ্চতাপে কার্বনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম সালফাইডে (Na_2S) পরিণত হয়। যথা :

$$Na_2SC_4 + 3C = Na_2S + 4CO \uparrow$$

ইহা কাচ-শিল্পে এবং ঔষধরূপে ব্যবহৃত হয়।

সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট ($NaHSO_4$) : ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড এবং লবণ ($NaCl$) বা নাইটারের ($NaNO_3$) বিক্রিয়ায় মধ্যম তাপাংকে সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট বা বাই-সালফেট তৈরী হয়। যথা :

$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl \uparrow$$

সম আণবিক মাত্রায় কষ্টিক সোডা ও সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন সালফেট গঠিত হয়। যথা :

$$NaOH + H_2SO_4 = NaHSO_4 + H_2O$$

নর্ম্যাল সালফেট যৌগের সঙ্গে পরিমিত সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিয়াও বাই-সালফেট গঠন করা যায়। যথা :

$$Na_2SO_4 + H_2SO_4 = 2NaHSO_4$$

অতি উচ্চতাপে ইহা সোডিয়াম সালফেট লবণে পরিণত হয়।

$$2NaHSO_4 = Na_2SO_4 + SO_3 + H_2O$$

চিলি-সোরা বা সোডিয়াম নাইট্রেট

চিলি-সোরা বা নাইটার (nitre) সোডিয়াম নাইট্রেট ($NaNO_3$) , ইহা হাবার পদ্ধতি আবিষ্কারের পূর্বে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদনের একমাত্র রাসায়নিক দ্রব্য ছিল। এখনও নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদনে, চিলি-সোরা বা চিলি সল্টপিটার (Chili Salt petre) প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। বিক্রিয়া :

$$2NaNO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HNO_3$$

সোডিয়াম নাইট্রেট জলে বিশেষভাবে দ্রবণীয়. দেখিতে স্ফটিকাকার, স্বল্প উদ্‌গ্রাহী এবং উত্তাপে অক্সিজেন নির্গত করিয়া নাইট্রাইট যৌগে পরিণত হয়। যথা :

$$2NaNO_3 \rightarrow 2NaNO_2 + O_2 \uparrow$$

ইহা নাইট্রিক অ্যাসিড, পটাসিয়াম নাইট্রেট, সোডিয়াম নাইট্রাইট ও সার উৎপাদনে ব্যবহার করা হয়।

সাধারণ লবণ বা সোডিয়াম ক্লোরাইড

সাধারণ লবণ আমাদের খাদ্যের একটি অপরিহার্য উপাদান। লবণ ব্যতীত সব খাদ্যই স্বাদহীন। এক সময় চীনদেশে অপরাধীর সামনে দিনের পর দিন লবণহীন প্রচুর সুখাদ্য রাখিয়া শেষ পর্যন্ত তাহাকে পাগল বানাইয়া শাস্তি দেওয়া হইত। সমুদ্র বা সামুদ্রিক হ্রদের জলে এবং কঠিন খনিজ পদার্থরূপে প্রচুর পরিমাণে লবণ পাওয়া যায়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, সালফিউরিক অ্যাসিড, ক্লোরিন, সোডিয়াম কার্বনেট, কস্টিক সোডা ইত্যাদি শিল্পের প্রধান উপাদান এই সোডিয়াম ক্লোরাইড লবণ।

[দ্বিতীয় খণ্ডে ক্লোরিন অধ্যায় দ্রষ্টব্য]

কাচ-প্রস্তুতি

(Preparation of Glass)

প্রাকৃতিক সোডার সঙ্গে বালু পোড়াইয়া অর্থাৎ বিগলিত করিয়া কাচ তৈরী করার উপায় মিসরদেশে অতি প্রাচীনকালে উদ্ভাবিত হয়। মিসরের এই কাচ-শিল্প ভিনিসের মাধ্যমে ইউরোপে প্রসার লাভ করে। ভারতে খ্রীষ্টজন্মের পূর্বেও কাচ তৈরী করার উপায় জানা ছিল।

কাচ (Glass): **কাচ সাধারণত বিভিন্ন ক্ষারীয় বা ক্ষারীয় মৃত্তিকা অথবা ভারী ধাতুর সিলিকেট যৌগের একটি জটিল মিশ্র পদার্থ। বস্তুত, কাচ কোন কঠিন পদার্থ নহে,—ইহা গলনাংকের নিচে শীতলীকৃত এক অতি-ঘন তরল** (viscous liquid) **পদার্থ। ইহা অনিয়তাকার ও স্বচ্ছ।** কাচকে অতি শীতল তরলও (Supra cooled liquid) বলা হয়। ইহা আকার পরিবর্তনে অক্ষম। এই মিশ্র পদার্থের একটি উপাদান ক্ষারীয় সিলিকেট (Na_2SiO_3 বা K_2SiO_3) এবং অপর উপাদান ক্ষারীয় মৃত্তিকা বা ভারী ধাতব সিলিকেট ($CaSiO_3$ বা $PbSiO_3$)। ইহার মোটামুটি গঠন :

$$X_2O,\ YO,\ 6SiO_2\ [\ X = K, Na\ ;\ Y = Pb, Ca\ ]$$

অন্য ভাবে বলা যায় যে সাধারণ কাচ (সোডা লাইম বা নরম কাচ) 10% সোডিয়াম, 5% ক্যালসিয়াম, 1% অ্যালুমিনিয়াম এবং অবশিষ্ট অংশ সিলিকন ও অক্সিজেন মৌল দ্বারা গঠিত। ইহা অ্যালুমিনো সিলিকেট এবং ইহার মধ্যে সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম ও ক্ষুদ্রকায় জটিল আয়ন সমূহ নিমজ্জিত থাকে।

কাচ প্রস্তুত করার জন্য সাধারণত নিম্নলিখিত পদার্থগুলি ব্যবহার করা হয় :

(i) বালু বা অন্যান্য সিলিকা (SiO_2) ,

(ii) সোডা (Na_2CO_3) বা সোডিয়াম সালফেট (Na_2SO_4) ,

(iii) পটাস (K_2CO_3) ,

(iv) লেড অক্সাইড [PbO (লিথার্জ) বা Pb_3O_4 রেড লেড] ,

(v) ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$), অর্থাৎ চক বা চুনা-পাথর বা চুন (CaO) ,

(vi) বিগালক : ভাঙ্গা কাচ ,

(vii) বিরঞ্জক জারক দ্রব্য : MnO_2, KNO_3, Pb_3O_4 ইত্যাদি , এবং

(viii) রঞ্জক : Cu_2O, CuO, Cr_2O_3, Fe_2O_3 ইত্যাদি।

ইহা ছাড়াও বিভিন্ন ধরনের কাচ নির্মাণের জন্য বিভিন্ন রঞ্জক ও বিরঞ্জক দ্রব্য ব্যবহার করা হয়।

কিরূপ কাচ তৈরী করা হইবে তার উপরে নির্ভর করে বালুর সঙ্গে কোন্ কোন্ উপাদান কি অনুপাতে মিশ্রিত করা হইবে। বালু বা অন্যপ্রকার সিলিকা চূর্ণ, সোডা, পটাস, চুন বা লেড অক্সাইডের সঙ্গে একত্র মিশাইয়া উচ্চতাপে (প্রায় 1400°C) বিগলিত করিয়া কাচ তৈরী করা হয়।

(ক) **সাধারণ নরম কাচ** (Soft glass) : এইরূপ কাচ তৈরী করা হয় বালু (SiO_2), সোডা (Na_2CO_3) ও চুনের (CaO) মিশ্রণ একত্রে গলাইয়া। এরূপ কাচকে **সোডা গ্লাসও** বলা হয়। এরূপ কাচে সাধারণত গবেষণারের যন্ত্রপাতি, কাচের নল, জানালার কাচ, কাচের দানা ইত্যাদি তৈরী করা হয়। সাধারণত এরূপ কাচে থাকে 75 % SiO_2, 15 % Na_2O, 8 % CaO, এবং 2 % Al_2O_3.

(খ) **শক্ত কাচ** (Hard glass) : এইরূপ কাচ তৈরী করা হয় বালু (SiO_2), পটাস (K_2CO_3) ও চুন (CaO) একত্রে গলাইয়া। এরূপ শক্ত কাচ উচ্চ তাপসহা যন্ত্রপাতি তৈরী করার জন্য ব্যবহার করা হয়। ইহার গঠন নরম কাচের ন্যায়। শুধু সোডার বদলে পটাস (পটাসিয়াম কার্বনেট) ব্যবহার করা হয়।

(গ) **ফ্লিণ্ট কাচ** (Flint glass) : বালু (SiO_2), পটাস (K_2CO_3) ও লেড অক্সাইড (Pb_3O_4 বা PbO) মিশাইয়া এইরূপ কাচ তৈরী করা হয়। লেনস, প্রিজম, বিদ্যুৎবাতির বালব, কৃত্রিম স্ফটিক ইত্যাদি তৈরী

কাচ প্রস্তুতি

1. নরম কাচ (Soft glass)

$$\boxed{\text{সোডা}\ Na_2CO_3} + \boxed{\text{বালু}\ SiO_2} + \boxed{\text{চক বা চুন}\ CaCO_3\ \text{বা}\ CaO} \rightarrow \boxed{\text{মিশ্রণ বিগলন}} \rightarrow \boxed{\text{নরম কাচ সফট্ গ্লাস}}$$

2. শক্ত কাচ (Hard glass)

$$\boxed{\text{পটাস}\ K_2CO_3} + \boxed{\text{বালু}\ SiO_2} + \boxed{\text{চুন বা চক}\ CaO\ \text{বা}\ CaCO_3} \rightarrow \boxed{\text{মিশ্রণ বিগলন}} \rightarrow \boxed{\text{শক্ত কাচ হার্ড গ্লাস}}$$

3. ফ্লিণ্ট কাচ (Flint glass)

$$\boxed{\text{পটাস}\ K_2CO_3} + \boxed{\text{বালু}\ SiO_2} + \boxed{\text{লেড অক্সাইড}\ PbO\ \text{বা}\ Pb_3O_4} \rightarrow \boxed{\text{মিশ্রণ বিগলন}} \rightarrow \boxed{\text{ফ্লিণ্ট কাচ}}$$

4. বোতল কাচ (Bottle glass)

$$\boxed{\text{সোডা}\ Na_2CO_3} + \boxed{\text{বালু}\ SiO_2} + \boxed{\text{চুন}\ CaO} + \boxed{\text{লোহার অক্সাইড}\ Fe_2O_3} \rightarrow \boxed{\text{মিশ্রণ বিগলন}} \rightarrow \boxed{\text{বোতল কাচ}}$$

5. জেনা গ্লাস (Gena glass)

$$\boxed{\text{বোরিক অক্সাইড}\ B_2O_3} + \boxed{\text{বালু}\ SiO_2} + \boxed{\text{জিংক অক্সাইড}\ ZnO} + \boxed{\text{স্বল্প পটাস}\ K_2CO_3} \rightarrow \boxed{\text{মিশ্রণ বিগলন}} \rightarrow \boxed{\text{জেনা গ্লাস}}$$

6. পাইরেক্স গ্লাস (Pyrex glass)

$$\boxed{\text{বোরিক অক্সাইড}\ B_2O_3} + \boxed{\text{বালু}\ SiO_2} + \boxed{\text{অ্যালুমিনা}\ Al_2O_3} + \boxed{\text{স্বল্প সোডা}\ Na_2CO_3} \rightarrow \boxed{\text{মিশ্রণ বিগলন}} \rightarrow \boxed{\text{পাইরেক্স গ্লাস}}$$

করার জন্য এরূপ কাচের প্রয়োজন। সাধারণত ইহার গঠনে 45·5 % SiO_2, 3·5 % Na_2O, 4% K_2O, 3% CaO, 44 % PbO থাকে।

(ঘ) **বোতলের কাচ** (Bottle glass) বালু (SiO_2), সোডা (Na_2CO_3), চুন (CaO) ও লোহার অক্সাইড (Fe_2O_3) মিশাইয়া এই কাচ তৈরী করা হয়। ইহা সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম ও আয়রন সিলিকেটের মিশ্রণ। সাধারণ বোতলাদি তৈরী করার জন্য এই কাচ নির্মিত হয়।

(ঙ) **জেনা ও পাইরেক্স্ কাচ** (Jena and Pyrex glass): এক বিশেষ ধরনে এরূপ কাচ তৈরী করা হয়। এরূপ জেনা-কাচে প্রধানত বালু এবং জিংক ও বোরনের অক্সাইড এবং পাইরেক্স কাচে প্রধানত বালু, সোডা, অ্যালুমিনা (Al_2O_3) এবং বোরনের অক্সাইড ব্যবহার করা হয়। সাধারণত পাইরেক্স কাচে থাকে 80 % SiO_2, 4 % Na_2O, 0·4 % CaO, 0·6 K_2O, 12 % B_2O_3, 3 % Al_2O_3, এরূপ কাচে তৈরী পাত্র উচ্চ তাপ এবং রাসায়নিক দ্রব্যের ক্ষয়-ক্ষমতা সহ্য করিতে পারে।

রঙিন কাচ তৈরী করার জন্য কাচের বিভিন্ন উপাদানের সঙ্গে বিশেষ বিশেষ ধাতুর অক্সাইড মিশ্রিত করা হয়। যথা:

কাচের বর্ণ — ব্যবহৃত ধাতুর অক্সাইড
নীল — কোবল্ট ও কপার অক্সাইড,
লাল — সোনা, সিলেনিয়াম ও কপার অক্সাইড,
বেগুনী — ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড,
সবুজ — ক্রোমিয়াম অক্সাইড,
হলুদ — অ্যান্টিমনী ও ক্যাড্মিয়াম ও সিলেনিয়াম সালফাইড,
দুধের ন্যায় অস্বচ্ছ শ্বেতবর্ণ—ক্যালসিয়াম ফ্লোরাইড, স্ট্যানিক অক্সাইড বা হাড়ের গুড়া।

গ্লেজ (Glaze): চিনা মাটি ও মৃৎপাত্রে **গ্লেজ** বা চকচকে প্রলেপ দেওয়ার জন্য এবং লোহার পাত্রের উপর **এনামেল** (enamel) করার জন্য টাইটেনিয়াম অক্সাইড (TiO_2), স্ট্যানিক অক্সাইড (SnO_2) বা অ্যান্টিমনী অক্সাইড (Sb_2O_3) ব্যবহার করা হয়।

কাচ প্রস্তুতির পদ্ধতি (Process of glass making): সাধারণ সোডা-লাইম গ্লাস বা নরম কাচ সোডিয়াম ও ক্যালসিয়ামের সিলিকেট। মোটামুটি ইহার গঠন Na_2O, CaO, $6SiO_2$; ইহা তৈরী হয় (1) বালু

(লৌহ মুক্ত সাদা বালু অথবা কোয়ার্টজ্ চূর্ণ), (ii) সোডা (Na_2CO_3) অথবা সল্ট কেক (salt cake) ও অঙ্গার (C) মিশ্রণ এবং (iii) চুন (চক বা চুনা-পাথর, $CaCO_3$ বা CaO) একত্রে মিশ্রিত এবং উচ্চতাপে (1400°C) বিগলিত করিয়া। 100 ভাগ বালু, 34/40 ভাগ সোডা এবং 15/10 ভাগ চুনা পাথরের সঙ্গে **ভাঙ্গা কাচ** মিশ্রিত করা হয়। এই ভাঙ্গা কাচ ব্যবহার করা হয় বিগালক (flux) রূপে। বিভিন্ন উপাদানের মিশ্রণ ট্যাংক চুল্লীতে (tank furnace) প্রডিউসার গ্যাসের সাহায্যে উচ্চ তাপে (প্রায় 1400°C) বিগলিত করা হয়। (iv) বিগলিত কাচের সঙ্গে ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড, সোরা ইত্যাদি জাতীয় পদার্থ মিশাইয়া কাচকে বিবর্ণ করা হয়। (v) প্রয়োজন অনুযায়ী এই অবস্থায় রঞ্জক দ্রব্য ব্যবহার করা হয়। এই বিগলিত কাচ ফুৎকারের সাহায্যে (blowing) অথবা বিভিন্ন ছাচে ঢালিয়া বিভিন্ন আকারের পাত্র অথবা সীট তৈরী করা হয়।

কাচের স্থিতিকরণ (Annealing of glass) : বিগলিত কাচ তাড়াতাড়ি ঠাণ্ডা করিলে কাচের মধ্যে **ভঙ্গুরতা** (brittleness) বৃদ্ধি পায়। কাচ তাপের কুপরিবাহী বলিয়া দ্রুত শীতল করিলে ভিতরের অংশের চেয়ে বাইরের অংশ আগে জমিয়া যায়। আবার খুব ধীরে ধীরে শীতল করিলে কাচের মধ্যে নানারূপ দানা সৃষ্টি হইয়া কাচ অস্বচ্ছ হইয়া যায়। এজন্য কাচ প্রায় 500°C তাপাংকে বেশ কিছুক্ষণ উত্তপ্ত রাখিয়া তথা, যে তাপে কাচ নরম হইতে আরম্ভ করে সেই তাপে অনেকখানি সময় উত্তপ্ত রাখিয়া কাচ ধীরে ধীরে শীতল করা হয়। এরূপ পদ্ধতিকে বলা হয় **কাচের স্থিতিকরণ** বা **অ্যানিলিং** (annealing of glass)।

Questions to be discussed

1. What are the natural sources of sodium ? How would you extract sodium either from caustic soda or common salt ? Explain the chemical principles only. What are its reaction with lead nitrate and alluminium chloride ?

2. What happens when a piece of sodium (i) is thrown into a bucket of water, (ii) left exposed in air, (iii) reacted with chlorine and (iv) treated with mercury ? Give equations where necessary. Give equation to show whether sodium is an oxidising or a reducing agent.

3. How caustic soda is obtained commercially ? Give chemical principle of only one method. What are the reactions when caustic soda is treated with ferric chloride, zinc sulphate, copper sulphate ?

4. How is soda-ash manufactured by Solvay process ? What are the advantages of the process ? What is baking powder ? State its uses.

5. How would you prepare sodium carbonate from common salt ? State chemical principles only. What do you understand by soda, soda crystal and washing soda ?

6. Starting with sodium chloride how would you obtain—(*a*) Na, (*b*) Cl, (*c*) NaOH, (*d*) HCl, (*e*) Na_2SO_4 and (*f*) Na_2CO_3 ? Give reactions, and state simple principle only.

7. What is Le Blanc process of soda manufacture ? How would you prepare salt cake and baking powder by this process ? Give chemical principles only.

8. Starting with soda how would you prepare—(i) Salt cake, (ii) Common salt (iii) Caustic soda and (iv) Nitre ? What happens when soda and nitre are heated separately ?

9. State the principles of preparation of soda by ammonia soda process ? What are the reactions involved in the ammonia-soda process ? Why this process is better than Le Blanc process ?

10. What happens when a red litmus paper is dipped into—(i) caustic soda solution, (ii) sodium carbonate solution, (iii) sodium chloride solution. Give reasons. How would you prepare pure NaCl and Na_2CO_3 ?

11. What is glass ? How is common glass manufactured ? What are the ingredients of glass ? What is annealing of glass ? Why is glass annealed ? [*H. S. Exam 1961*]

12 How is coloured glass manufactured ? What are its uses ? What is glaze ?

13. What is the electrolytic process of preparation of caustic soda ? State principle and give the simple outlines of the process.

14. How can soda be prepared by electrolytic process ? Give chemical principles and reaction. What are the uses of soda ?

15. What are Salt cake, Nitre, Soda, Glauber's salt, Baking powder and Sodium amalgam ? Give formula where necessary and state giving only the chemistry of the reactions. How are these prepared ?

16. Describe the chemical reactions by which sodium chloride is converted into sodium carbonate by Solvay process.

What happens when a solution of sodium chloride is electrolysed ? State the use of the products obtained What will happen if the products are mixed up in the cold ?

[*H S.* (*Comp*) *1960*]

17 Describe how caustic soda may be prepared from sodium carbonate. Do you know of any other method for its preparation ? (Details of the latter process not required)

Write chemical equations to represent the reaction between caustic soda and *any three* of the following .—

(*a*) Ammonium chloride. (*b*) Ferric chloride. (*c*) Aluminium sulphate. (*d*) Carbon dioxide. (*e*) Chlorine. Name the products obtained in each case. [*H. S 1962* (*comp*)]

18. Starting from sodium chloride how would you prepare pure anhydrous sodium carbonate on a large scale ? Give equations for the reactions involved. What happens when (*a*) Carbon dioxide is passed through a cold saturated solution of sodium carbonate, (*b*) excess of lime water is added to a solution of sodium carbonate, (*c*) a solution of sodium carbonate is evaporated at room temperature. Will there be any change if the solution in (*c*) is evaporated over water-bath ?

[*H. S. 1964* (*comp*)]

19. How sodium is extracted from sodium chloride ? How do you know that it is a metal ? What happens when the metal at ordinary temperature is kept in (*a*) dry air, (*b*) moist air and (*c*) chlorine ? Give equations [*H. S. 1964*]

20. How sodium hydroxide solution react with (*a*) aluminium powder and (*b*) granulated zinc ? Give equation.

[*H. S. 1964* (*comp*)]

১০

ক্ষারীয় মৃত্তিকা ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম

পরিচয়ঃ ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম অনেক বিষয়ে **ক্ষারীয়** (alkaline) **ধাতু** সোডিয়াম ও পটাসিয়ামের সমধর্মী। ইহারা আবার অনেক বিষয়ে **মৃত্তিকা ধাতু** (earth) লোহা ও অ্যালুমিনিয়ামের সমধর্মী। তাই, ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামকে সাধারণভাবে বলা হয় **ক্ষারীয় মৃত্তিকা** বা **অ্যাল্‌কেলাইন আর্থ** (alkaline earth)।

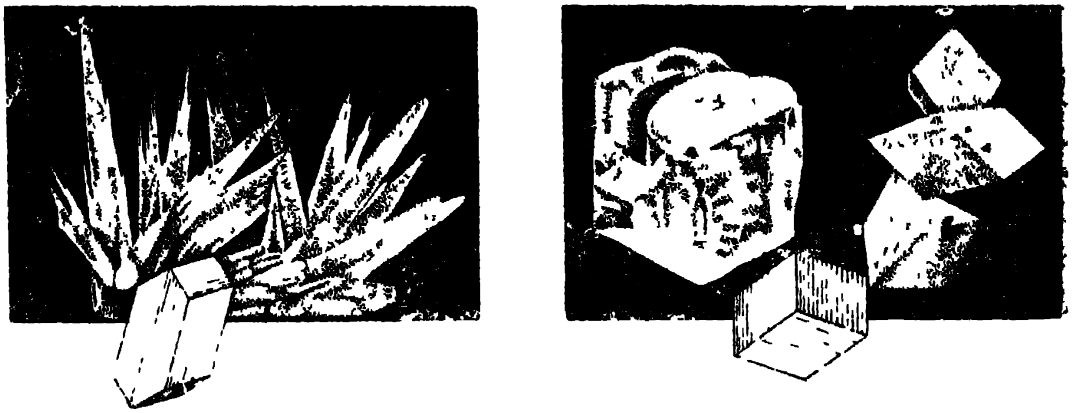
কস্টিক পটাস ও কস্টিক সোডাকে যেরূপ অনেকদিন পর্যন্ত মৌলিক ধাতু বলিয়া মনে করা হইত সেইরূপ ক্যালসিয়ামের অক্সাইড তথা চুন বা 'লাইম' এবং ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট তথা 'ম্যাগনেসিয়া'কেও বহুদিন পর্যন্ত এক একটি মৌলিক ধাতু বলিয়া গণ্য করা হইত। ইহারা যে ধাতু নয় সে-সম্বন্ধে প্রথমেই সন্দেহ প্রকাশ করেন ল্যাভয়সিয়ার। ইটালিয়ান বিজ্ঞানী ভল্‌টা কর্তৃক ইলেকট্রিক ব্যাটারী আবিষ্কারের পরে গলিত কস্টিক সোডা ও কস্টিক পটাস এবং গলিত ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডের তড়িদ্‌বিশ্লেষণ করিয়া **বিজ্ঞানী ডেভি** সর্বপ্রথমে, সোডিয়াম ও পটাসিয়ামের ন্যায় 1808 খ্রীষ্টাব্দে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম ধাতু আবিষ্কার করিতে সক্ষম হন। চুন শব্দের গ্রীক পরিভাষা 'ক্যালস'। এই ক্যালস শব্দ হইতেই নবাবিষ্কৃত পদার্থের নাম হয় ক্যালসিয়াম। ডেভি ম্যাগনেসিয়াম হইতে প্রাপ্ত পদার্থটির নাম দেন প্রথমে 'ম্যাগনিয়াম'। পরে ইহার নাম হয় ম্যাগনেসিয়াম।

ক্যালসিয়াম ধাতু

প্রতীক চিহ্ন—Ca, পারমাণবিক গুরুত্ব—40, যোজ্যতা—2

প্রাকৃতিক আকরিক (Natural ores): ক্যালসিয়াম মৌল ধাতুরূপে প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না, কারণ ইহা অত্যন্ত সক্রিয় ধাতু বলিয়া সহজেই যৌগ

গঠন করে। বিভিন্ন যৌগ প্রাচীনকাল হইতেই পরিচিত ছিল। মার্বেল, চুনা পাথর, চুন এরূপ যৌগ। ইহার প্রধান যৌগ :



ক্যালসিয়ামের প্রাকৃতিক কার্বনেট যৌগ

(i) **কার্বনেট :** চুনাপাথর (lime stone), খড়িমাটি (chalk), মার্বেল (marble), কোরেল (coral), ক্যালসাইট—$CaCO_3$ ইত্যাদি ,

(ii) **সালফেট :** জিপসাম (gypsum)—$CaSO_4, 2H_2O$ এবং অ্যানহাইড্রাইড (Anhydride)—$CaSO_4$,

(iii) **ফ্লুরাইড :** ফ্লোরস্পার (Flourspar)—CaF_2 ,

(iv) **ফস্‌ফেট :** অ্যাপেটাইট (Apatite) [$3Ca_3(PO_4)_2, CaF_2$] ও ফস্‌ফরাইট (Phosphorite)—$Ca_3(PO_4)_2$

ভারতে জব্বলপুর ও রাজস্থানে ফ্লোরস্পার, পাঞ্জাব, উত্তর প্রদেশ, মধ্যপ্রদেশ ও রাজস্থানে জিপসাম এবং বহু জায়গায় মার্বেল ও চুনাপাথর পাওয়া যায়।

ক্যালসিয়াম নিষ্কাশনের তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতি

(Extraction of Calcium by Electrolytic process)

ডেভির মূল পদ্ধতি অনুযায়ী এখনও গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের তড়িদ্‌বিশ্লেষণ করিয়া ক্যালসিয়াম নিষ্কাশিত করা হয়।

রাসায়নিক পদ্ধতি (Chemical principle) : (i) অনার্দ্র ও তাপবিগলিত (fused) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের ($CaCl_2$) তড়িদ্‌বিয়োজনে প্রথমে ক্যালসিয়াম ও ক্লোরিন আয়ন তৈরী হয়।

(ii) বিগলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের তড়িদ্‌বিশ্লেষণের ফলে ক্যালসিয়াম আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া এবং ক্লোরিন ইলেকট্রন বর্জন করিয়া ক্যালসিয়াম পরমাণু ও গ্যাসীয় ক্লোরিন অণুতে পরিণত হয়। যথা :

তড়িদ্‌বিয়োজন : $CaCl_2 \rightleftharpoons Ca^{++}+2Cl^-$

ক্যাথোড বিক্রিয়া : $Ca^{++}+2e \rightarrow Ca$ (পরমাণু)

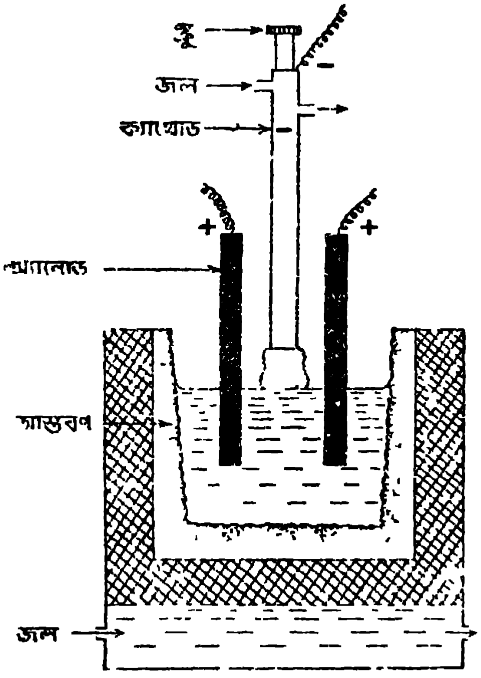
অ্যানোড বিক্রিয়া : $2Cl^- - 2e \rightarrow 2Cl \rightarrow Cl_2 \uparrow$ (গ্যাস)

(iii) ক্যালসিয়াম সঞ্চিত হয় ক্যাথোডে এবং ক্লোরিন নির্গত হয় অ্যানোড তড়িদ্‌দণ্ড হইতে।

(iv) তড়িদ্‌বিশ্লেষণের সময় ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের বিগলনের তাপাংক হ্রাস করার জন্য ইহার সঙ্গে স্বল্প পরিমাণ **ক্লোরস্পার** (CaF_2) মিশ্রিত করা হয়।

ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$) হইতে ক্যালসিয়াম উৎপাদনের জন্য প্রথমে চুনা পাথর এবং লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড তৈরী করিয়া এবং তাহা পরিস্রুত করিয়া শুষ্ক করা হয় এবং পরে এই ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের তড়িদবিশ্লেষণ করা হয়।

বিক্রিয়া : $CaCO_3+2HCl=CaCl_2+CO_2+H_2O$



ক্যালসিয়াম প্রস্তুত

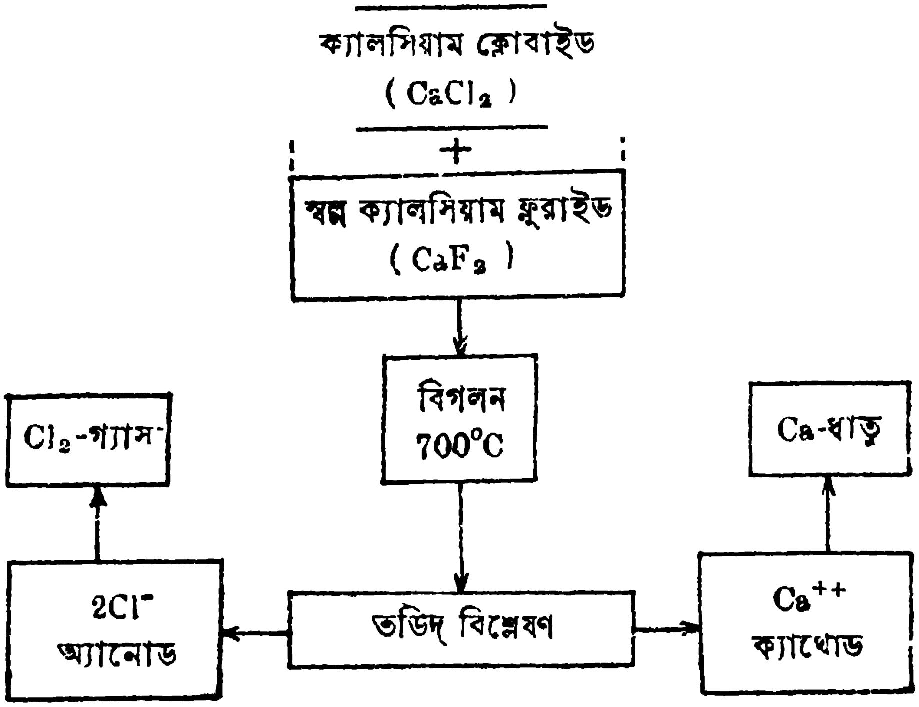
যন্ত্র ও উৎপাদন ব্যবস্থা : তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পাত্রটি গ্রাফাইট-কার্বনে তৈরী একটি বৃহদাকার মুছি বা ক্রুসিবল্ (crucible)। মুছিটির তলদেশ ঠাণ্ডা জলের প্রবাহ দ্বারা শীতল রাখা হয়। ক্যাথোড রূপে ব্যবহার করা হয় লোহার একটি ফাঁপা দণ্ড এবং অ্যানোড রূপে দুইটি গ্রাফাইট প্লেট। ফাঁপা ক্যাথোড দণ্ডের ভিতর দিয়া জলধারা প্রবাহিত করিয়া লোহার ক্যাথোডটিও শীতল রাখা হয়।

ক্যালসিয়ামের গলনাংক হ্রাস করার জন্য তড়িদ্‌বিশ্লেষণের আগে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে অল্প পরিমাণ ক্লোরস্পার (CaF_2) মিশ্রিত করিয়া ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড 700°C তাপাংকে বিগলিত করা হয়। ক্যাথোড দণ্ডটি 'স্ক্রু'র সাহায্যে গলিত

ক্যালসিয়াম ক্লোবাইডের মধ্যে এমনভাবে ঝুলাইয়া রাখা হয় যেন দণ্ডটি গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড শুধুমাত্র স্পর্শ করিতে পাবে। তড়িদ্বিয়োজনের ফলে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$) ক্যালসিয়াম (Ca^{++}) এবং ক্লোরিন (Cl^-) আয়নে পবিণত হয়। তড়িদ্বিশ্লেষণের সময় ক্যালসিয়াম সংগৃহীত হয় ক্যাথোড দণ্ডে এবং ক্লোবিন অ্যানোডে সংগৃহীত হইয়া গ্যাসরূপে নির্গত হইয়া যায়।

ক্যালসিয়াম সংগৃহীত হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে ক্যাথোড দণ্ডটি 'স্ক্রু'ব সাহায্যে ক্রমশ উপর দিকে তুলিয়া লওয়া হয়। তাই সংগৃহীত ক্যালসিয়াম ধাতু একটি দণ্ডের আকৃতি লাভ কবে।

ক্যালসিয়াম নিষ্কাশন



নিষ্কাশিত ক্যালসিয়াম ধাতুর উপবে ক্যালসিয়াম ক্লোবাইডের ($CaCl_2$) একটি পাতলা আস্তরণ পড়ে। তাই, নিষ্কাশনের সময় ক্যালসিয়াম বায়ুর সংস্পর্শে অক্সাইডে পবিণত হইতে পাবে না। মুছিব পাত্রে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের একটি পুরু আস্তরণ পড়ে বলিয়া মুছিটি অনেকদিন পর্যন্ত ব্যবহাব করা যায়।

কার্বন-বিজারণ পদ্ধতির অকার্যকারিতা : কার্বন-বিজারণ পদ্ধতিতে ক্যালসিয়াম নিষ্কাশিত করা যায় না। উচ্চ তাপে চুনাপাথর পোড়া চুনে পরিণত হয়। যথা :

$$CaCO_3 \rightleftharpoons CaO+CO_2$$

কিন্তু এই পোড়া চুন কার্বনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ধাতুরূপে জারিত হয় না, বরং ক্যালসিয়াম কারবাইড গঠন করে। যথা :

$$CaO+3C=CaC_2+CO$$

ক্যালসিয়ামের ধর্ম

ভৌত ধর্ম (Physical properties) : (i) ক্যালসিয়াম নরম ও নমনীয় একটি রূপালী ধাতু। (ii) ইহার ঘনত্ব—1.52 এবং গলনাংক 800°C.

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical properties) : (i) **বায়ুর ক্রিয়া** (Action of air) : সোডিয়ামের ন্যায় বিশুদ্ধ ক্যালসিয়ামও শুষ্ক বায়ুতে অবিকৃত থাকে। জলীয় বায়ুতে ইহা প্রথমে বিবর্ণ অক্সাইডে পরিণত হয় এবং এই অক্সাইডের বায়ু জলীয় বাষ্পের সঙ্গে এবং পরে বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া ধীরে ধীরে এবং শেষ পর্যন্ত ক্যালসিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়। যথা :

$$2Ca+O_2=2CaO$$
$$CaO+CO_2=CaCO_3$$
$$CaO+H_2O=Ca(OH)_2$$
$$Ca(OH)_2+CO_2=CaCO_3+H_2O$$

বায়ুতে দহন (Burning in air) : ক্যালসিয়াম বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে রক্তিম আভায় জ্বলিয়া ওঠে এবং বায়ুর অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের সঙ্গে অক্সাইড ও নাইট্রাইট গঠন করে। যথা :

$$2Ca+O_2=2CaO\ ,\ 3Ca+N_2=Ca_3N_2$$

(ii) **জলের ক্রিয়া** (Action of water) : ক্যালসিয়াম শীতল জল হইতে ক্ষিপ্র বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। যথা :

$$Ca+2H_2O=Ca(OH)_2+H_2\uparrow$$

(iii) **অ্যাসিডের ক্রিয়া** (Action of acid) : নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যতীত অন্য খনিজ অ্যাসিড তথা হাইড্রোক্লোরিক ও সালফিউরিক অ্যাসিড ক্যালসিয়াম হইতে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$Ca+2HCl=CaCl_2+H_2\ ;\ \ Ca+H_2SO_4=CaSO_4+H_2\uparrow$$

(iv) **অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়া** (Action of ammonia) : তরল অ্যামোনিয়ার সঙ্গে স্বাভাবিক তাপাংকে ক্যালসিয়াম যৌগ [$Ca(NH_3)_6$] গঠন করে।

(v) **ক্ষারের ক্রিয়া** (Action of alkali) : ক্ষারের সঙ্গে ক্ষারমৃত্তিকা জাতীয় ক্যালসিয়াম ধাতুর কোন বিক্রিয়া ঘটে না।

(vi) **হাইড্রাইড গঠন** (Formation of hydride) : শুষ্ক হাইড্রোজেন ও ক্যালসিয়ামের বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড গঠিত হয়। যথা :

$$Ca + H_2 = CaH_2$$

(vii) **অ-ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া** (Action of non-metals) : ক্যালসিয়াম ক্লোরিন, কার্বন ও সালফারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্লোরাইড, কার্বাইড ও সালফাইড গঠন করে, ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লাল শিখা সৃষ্টি হয়।

$Ca + Cl_2 = CaCl_2$, $Ca + 2C = CaC_2$, $Ca + S = CaS$

প্রধান যৌগ (Compounds) : হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, কার্বন ও সালফারের সঙ্গে ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড (CaH_2), অক্সাইড (CaO), নাইট্রাইড (Ca_3N_2), কারবাইড (CaC_2), সালফাইড (CaS) গঠন করে। ক্যালসিয়ামের অন্যান্য প্রধান যৌগ :

$Ca(OH)_2$, $CaCl_2$ $CaCO_3$, $CaSO_4$, $Ca(NO_3)_2$ ইত্যাদি।

ব্যবহার (Uses) : ধাতুরূপে ক্যালসিয়ামের ব্যবহার ব্যাপক নয়। আরগন গ্যাস উৎপাদনে, অ্যালকোহল অনার্দ্রকরণে, ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড ও কারবাইড উৎপাদনে এবং ঔষধরূপে প্রধানত ক্যালসিয়াম ব্যবহার করা হয়।

সনাক্তকরণ (Test or identification) : (i) ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সিক্ত প্লাটিনাম তারের সাহায্যে ক্যালসিয়ামের যে কোন যৌগ অদীপ্ত শিখায় দগ্ধ করা হইলে ইটের ন্যায় **লাল বর্ণের প্রদীপ্ত শিখা** সৃষ্টি হয়।

(ii) ক্যালসিয়ামের কোন দ্রবণীয় লবণের সঙ্গে অ্যামোনিয়াম কার্বনেট মিশ্রিত করিলে ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে।

$$CaCl_2 + (NH_4)_2CO_3 = 2NH_4Cl + CaCO_3 \downarrow$$

(iii) অ্যামোনিয়াম অক্জলেটের সঙ্গে ক্যালসিয়াম লবণের বিক্রিয়ায় সাদা ক্যালসিয়াম অক্জলেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহা অ্যাসিটিক অ্যাসিডে অদ্রবণী কিন্তু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবণীয়।

$$CaCl_2 + C_2O_4(NH_4)_2 = 2NH_4Cl + C_2O_4Ca \downarrow$$

ক্যালসিয়ামের প্রয়োজনীয় যৌগ

1. চুন বা লাইম (Lime—CaO): চুনাপাথর, চক বা মার্বেল পোড়াইয়া চুন তৈরী করা হয়। ক্যালসিয়াম কার্বনেট উত্তাপে ভাঙ্গিয়া ক্যালসিয়াম অক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। যথা:

$$CaCO_3 \rightleftharpoons CaO + CO_2$$

ক্যালসিয়াম অকসাইড (CaO) চুন, পোড়া-চুন, লাইম বা কুইক-লাইম (Lime or quick-lime) নামে পরিচিত।

কাঠ-কয়লা চুনা পাথর পরপর স্তরে স্তরে সাজাইয়া ভাটি তৈরী করিয়া পোড়া-চুন তৈরী করিবার পদ্ধতি প্রাচীন কাল হইতে বর্তমান কাল পর্যন্ত প্রচলিত রহিয়াছে। এখনও সমুদ্রতীরে শামুক, ঝিনুক, কড়ি, শঙ্খ, ইত্যাদি নানাপ্রকার চুনজাতীয় সামুদ্রিক পদার্থ পোড়াইয়া চুন তৈরী করা হয়। বর্তমান কালে একই সঙ্গে চুন ও কার্বন ডাই-অকসাইড অবিচ্ছিন্নভাবে তৈরী করা হয় চুনা-ভাটি বা কিলন্ চুল্লীতে [কার্বন ডাই-অক্সাইডের অধ্যায়ে পোড়া চুন উৎপাদন পদ্ধতি বর্ণনা করা হইয়াছে। দ্বিতীয় খণ্ডে কার্বন ডাই-অক্সাইড অধ্যায় দ্রষ্টব্য।]

কুইক লাইমের ধর্ম : স্বভাবত ক্যালসিয়াম অক্সাইড জলাকর্ষী যৌগ, জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় তাপ সৃষ্টি করিয়া ফুটিতে আরম্ভ করে এবং উভয় অবস্থায় ক্যালসিয়াম হাইড্রকসাইড গঠিত হয়। যথা:

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

ইহা ক্ষারধর্মী বলিয়া অ্যাসিড ও অ্যাসিডিক-অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ তৈরী করে।

$$CaO + 2HCl = CaCl_2 + H_2O$$

$$CaO + CO_2 = CaCO_3$$

2. **ক্যালসিয়াম হাইড্রকসাইড** [$Ca(OH)_2$]: চুনে জল ঢালিলে সঙ্গে সঙ্গেই এরূপ তাপ সৃষ্টি হয় যে হিস্‌হিস শব্দ করিয়া জলের একাংশ বাষ্পে পরিণত হইয়া যায় এবং চুন ফুলিয়া উঠিয়া ভাঙ্গিয়া পড়ে ও সাদা পাউডারে পরিণত হয়। এই সাদা পাউডার চুনের হাইড্রকসাইড। ইহার বিশেষ নাম **কলি-চুন বা শ্লেকড-লাইম** (slaked lime)। এরূপভাবে কলিচুন তৈরী করার পদ্ধতিকে বলা হয় **চুনের কলিকরণ বা শ্লেকিং অব লাইম** (slaking of lime)। বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে:

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

ইহা জলে স্বল্প দ্রবণীয় এবং উচ্চতাপে লাল তপ্ত অবস্থায় চুন ও জলে পরিণত হয়। যথা: $Ca(OH)_2 \rightleftharpoons CaO + H_2O$

চুন-জল (Lime-water): কলি-চুন জলে স্বল্প দ্রবণীয়। অতিরিক্ত জলে স্বল্প পরিমাণে কলি-চুন মিশ্রিত করিলে অল্প পরিমাণে ইহা জলের মধ্যে দ্রবীভূত হয় এবং অদ্রাব্য কলিচুনের উপরে একটি স্বচ্ছ **চুন-জলের** দ্রবণ তৈরী হয়। স্বচ্ছ চুন-জলের দ্রবণ বায়ুর সংস্পর্শে ঘোলা হইয়া যায়। তাই, চুন জলের উপরে সর্বদা একটি সর পড়িতে দেখা যায়। কারণ বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) চুন-জলের ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের [$Ca(OH)_2$] সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$) গঠন করে। যথা:

$$Ca(OH)_2 + H_2O \text{—জলীয় দ্রবণ—চুন-জল (লাইম ওয়াটার)}$$

$$Ca(OH)_2 \text{ (চুন-জল)} + CO_2 = H_2O + CaCO_3 \downarrow$$

দুধ-চুন (Milk of lime): স্বল্প জলে অতিরিক্ত কলিচুন [$Ca(OH)_2$] মিশ্রিত করিলে কলিচুনের একটি সম্পৃক্ত দ্রবণ তৈরী হয় এবং অধিকাংশ কলি-চুন ভাসমান অবস্থায় এই দ্রবণে মিশ্রিত হইয়া একরকম সাদা লেই জাতীয় পদার্থ তৈরী করে। কলি-চুনের এই সাদা লেইকে বলা হয় **চুন দুধ বা 'মিল্ক অব লাইম'**।

সোডা লাইম (Soda lime): চুন ও কস্টিক সোডার দ্রবণের বিক্রিয়ায় ($CaO + NaOH$) যে পদার্থ তৈরী হয় তাহাই সোডা লাইম। সোডা লাইমের মধ্যে কস্টিক সোডার ধর্ম বর্তমান, কিন্তু ইহা কস্টিক সোডার ন্যায় সহজে বিগলিত হয় না এবং কাচ ক্ষয় করে কম। ইহা অ্যাসিড গ্যাস (CO_2) শোষণের জন্য ব্যবহার করা হয়।

চুনের ব্যবহার (Uses of lime): কাচ শিল্পে, কলি-চুন তৈরী করার জন্য, 'লাইম লাইট' তৈরী করার জন্য, জল-সিক্ত পদার্থের বিশোষক রূপে, ধাতু নিষ্কাশন কার্যে ধাতুমল বহিষ্কারকরূপে এবং ক্যালসিয়াম কারবাইড তৈরী করার জন্য প্রধানত **পোড়া চুন ব্যবহার** করা হয়।

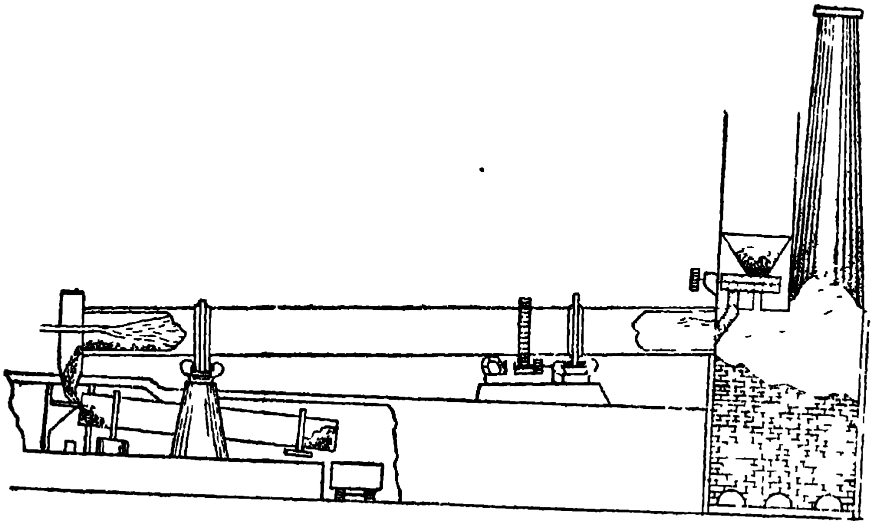
কলিচুন ব্যবহার (Uses of Slaked lime): মুখ্যত চুন-সুরকীর মসলা তৈরী করার এবং সিমেণ্ট কংক্রীট, কস্টিক সোডা, জমির সার, ব্লিচিং পাউডার প্রস্তুত করার জন্য ইহা ব্যবহার করা হয়। ইহা চর্ম শিল্পে, অ্যামোনিয়া উৎপাদনে, কীটাণু নাশকরূপে, দালানে চুনকাম করার জন্য, জলের খরতা নিবারণে এবং অন্যান্য আরো অনেক প্রয়োজনে কলিচুন ব্যবহৃত হয়।

3. চুন-সুরকীর মসলা মর্টার, সিমেণ্ট ও কংক্রিট : গাঁথুনি-মসলা (Mortar) : তিনভাগ অনুপাতে বালু বা সুরকী ও একভাগ কলি-চুন এবং জলের মিশ্রণকে **মসলা** বলা হয়। এই মসলা ইটের গাঁথুনিরূপে ব্যবহার করা হয়। বায়ুতে মসলার জল ক্রমশ বাষ্পীভূত হইয়া যায় এবং ধীরে ধীরে বায়ুর কার্বন-ডাই অক্‌সাইড শোষণ করিয়া দালান বা দেওয়ালের গাঁথুনীর মসলা ক্রমশ ক্যালসিয়াম কার্বনেট যৌগে রূপান্তরিত হইয়া অতি কঠিন বস্তুতে পরিণত হয়। তাই, প্রাচীন দালানের গাঁথুনী খুব শক্ত। বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে :

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 \downarrow + H_2O \uparrow$$

$$Ca(OH)_2 + SiO_2 = CaSiO_3 \downarrow + H_2O \uparrow$$

সিমেণ্ট (Cement) : 1824 খ্রীষ্টাব্দে আসপ্‌দীন নামে এক সাধারণ ইট-নির্মাতা পোর্টল্যাণ্ড সিমেণ্ট আবিষ্কার করেন। **তিন ভাগ চুনা পাথরের সঙ্গে এক ভাগ** অগ্নিসহ্য সিলিকেট জাতীয় মৃত্তিকা (fireclay) মিশাইয়া উচ্চতাপে (প্রায় 1500°C) উত্তপ্ত করিলে একরকম কঠিন কাঁকর জাতীয় পদার্থ তৈরী হয়। এই কাঁকর চূর্ণ করিয়া যে ধূসর-বর্ণের পাউডার পাওয়া যায় তাহাই **সিমেণ্ট**। সিমেণ্ট অ্যালুমিনো-সিলিকেট পাউডার। ইহার মধ্যে আছে অ্যালুমিনিয়াম ও ক্যালসিয়াম জাতীয় ধাতু এবং সিলিকন ও অক্‌সিজেন জাতীয় অধাতব পদার্থ। মোটামুটি বলা যায় যে সিমেণ্ট ট্রাই-ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও ডাই-ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেটের মিশ্রণ ($3CaO, SiO_2,$) এবং ($2CaO, Al_2O_3$), জলের সঙ্গে মিশ্রিত করিয়া শুষ্ক করিলে আর্দ্র-বিশ্লেষণের



সিমেণ্ট প্রস্তুতির চুল্লী

ফলে সিমেণ্ট জমিয়া উঠে এবং অত্যন্ত সুদৃঢ় ও কঠিন বস্তুতে পরিণত হয়। ইহা গাঁথুনীর কাজে গৃহ নির্মাণে ব্যবহার করা হয়। জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম ও অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রোকসাইড গঠিত হয় এবং ইহারা ক্যালসিয়াম সিলিকেটের সঙ্গে অতিরিক্ত বিক্রিয়া ঘটাইয়া কঠিন অ্যালুমিনো-সিলিকেট (Alumino-silicate) গঠন করে।

কংক্রীট (Concrete): পরিমিত অনুপাতে বালু, পাথর নুড়ি ও সিমেণ্ট জলের সঙ্গে একত্র মিশাইয়া যে-মসলা তৈরী করা যায় তাহা দালান তৈরীর পক্ষে অত্যন্ত মজবুত গাঁথুনীর কাজ করে। এরূপ মিশ্রণকে বলা হয় কংক্রীট। ইস্পাতের কাঠামোতে যদি কংক্রীট জমানো যায় তবে সেই কংক্রীটের ফাটিবার সম্ভাবনা কমিয়া যায়। এরূপ ইস্পাত ও কংক্রীটের গাঁথুনীকে **ফেরো-কংক্রীট** (Ferro-concrete) বলা হয়। এরূপ কংক্রীট জমাইবার জন্য কার্বন ডাই-অকসাইডের প্রয়োজন হয় না। ইহা বৃহৎ আকারে এবং জলের নিচেও জমান যায়।

4. **প্যারিস-প্ল্যাস্টার** (Plaster of Paris): ক্যালসিয়াম সালফেট জিপসামরূপে আকরিক অবস্থায় ($CaSO_4, 2HO_2$) পাওয়া যায়। এই জিপসামকে 110°C তাপাংকে উত্তপ্ত করিলে জিপসামের তিন-চতুর্থাংশ জল বাষ্পে পরিণত হয় এবং জিপসাম একটি সাদা কঠিন পদার্থে পরিণত হয়। এই পদার্থটির নাম প্যারিস-প্লাস্টার। ইহার ফর্মুলা $(CaSO_4)_2, H_2O$; এবং পদার্থটি গঠিত হয় এইভাবে:

$$2(CaSO_4, 2H_2O) \rightarrow (CaSO_4)_2, H_2O+3H_2O$$

এই প্যারিস-প্লাস্টারকে পাউডারে পরিণত করিয়া ইহার সঙ্গে জল মিশ্রিত করিলে একরকম সাদা লেই তৈরী হয়। এই লেই শুকাইলে কঠিন পদার্থরূপে জমিয়া ওঠে। জিপসাম যদি 110°C তাপাংকের বেশি উচ্চতাপে পোড়ানো হয় তবে সেই পোড়া সালফেট দিয়া আর লেই তথা, প্যারিস-প্লাস্টার তৈরী করা যায় না।

ব্যবহার: প্যারিস প্ল্যাস্টার ঢালাইয়ের কাজে, ভাস্কর্যে, ভগ্ন হাড় ব্যাণ্ডেজ করার জন্য এবং সিমেণ্ট ও দালানের প্ল্যাস্টারের জন্য ব্যবহার করা হয়।

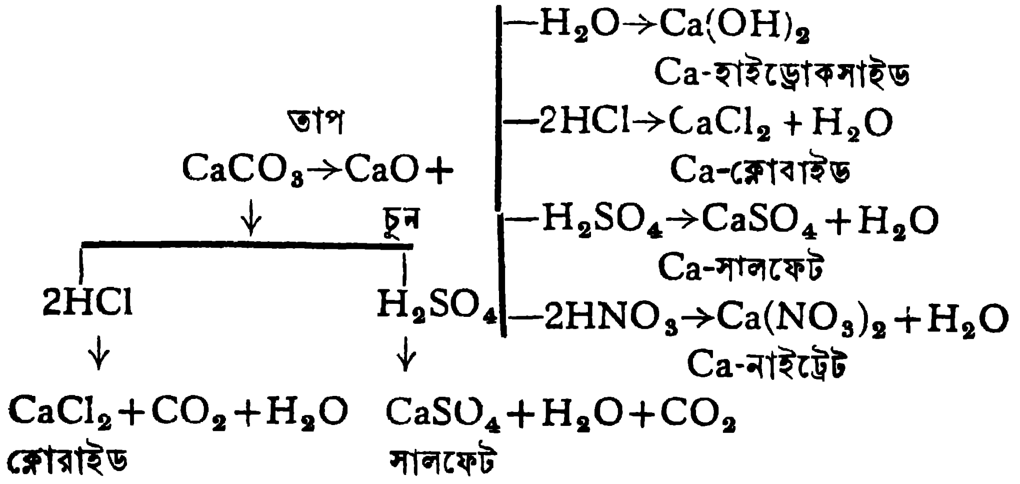
জিপসাম ব্যবহার করা হয় প্যারিস-প্ল্যাস্টার, অ্যামোনিয়াম সালফেট সার তৈরীর কাজে ও চক-পেন্‌সিল তৈরী করার জন্য এবং কাগজ মসৃণ করার জন্য।

5. **ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড** ($CaCl_2$): সল্‌ভে পদ্ধতিতে সোডা তৈরী করার সময় প্রচুর পরিমাণে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$) এক উপজাত পদার্থরূপে পাওয়া যায়। চক বা মার্বেল ($CaCO_3$) এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায়ও ইহা তৈরী করা যায়। যথা: $CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + CO_2 + H_2O$, ইহা সাধারণত একটি সাদা স্ফটিক ($CaCl_2, 6H_2O$), বরফের সঙ্গে ইহা মিশ্রিত করিয়া হিমমিশ্রণ তৈরী করিয়া তাপাংক −55°C পর্যন্ত নামানো যায়। তাই, ক্যালসিয়াম্‌ ক্লোরাইড হিমমিশ্রণের জন্য ব্যবহৃত হয়।

বিগলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড (Fused $CaCl_2$): ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2,6H_2O$) স্ফটিককে উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিলে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$), একরকম অনার্দ্র সচ্ছিদ্র ও ফোঁপরা পদার্থে পরিণত হয়। এই অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$), অ্যামোনিয়াম ও ইহার লবণ ব্যতীত যে-কোন জল-সিক্ত কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় পদার্থ বিশুষ্ক করার জন্য ব্যাপক পরিমাণে ডেসিকেটার বা বিশোষকের মধ্যে ব্যবহার হয়। ইহাকে বলা হয় **বিগলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড** (fused $CaCl_2$)।

ক্যালসিয়াম কার্বনেট হইতে ক্যালসিয়ামের অন্যান্য যৌগ গঠন

প্রাকৃতিক চুনাপাথর ($CaCO_3$) হইতে ক্যালসিয়ামের সবকয়টি প্রধান যৌগ গঠন করা যায়। যথা:


তাপ
$CaCO_3 \rightarrow CaO +$
চুন
$2HCl$
H_2SO_4
$CaCl_2 + CO_2 + H_2O$
ক্লোরাইড
$CaSO_4 + H_2O + CO_2$
সালফেট
$—H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$
Ca-হাইড্রোকসাইড
$—2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O$
Ca-ক্লোরাইড
$—H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + H_2O$
Ca-সালফেট
$—2HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + H_2O$
Ca-নাইট্রেট

ক্যালসিয়ামের বৈশিষ্ট্য

1. ক্যালসিয়ামও সোডিয়ামের ন্যায় বিশেষ সক্রিয় পদার্থ। তাই, প্রকৃতিতে ক্যালসিয়াম পাওয়া যায় যৌগরূপে, মৌলরূপে নয়।

2. ক্যালসিয়াম যৌগ জল বিশোষণে বিশেষ পারদর্শী। সেজন্য পোড়া **চুন** (CaO) এবং বিগলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড (fused $CaCl_2$) অন্যতম বিশোষকরূপে ব্যবহৃত হয়।

ক্যালসিয়াম যৌগ প্রধানত স্ফটিকাকার এবং স্ফটিক জলসহ গঠিত। যথা:

$$CaCl, 6H_2O\ ,\ CaSO_4, 2H_2O\ ,\ Ca(NO_3)_2\ 6H_2O$$

4. ক্যালসিয়াম যৌগগুলি বর্ণে সাদা।

5. পাথর ও জীবজন্তুর হাড় প্রধানত ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও ফসফেট [$CaCO_3$ ও $Ca_3(PO_4)_2$] দ্বারা গঠিত।

6. ক্যালসিয়াম নাইট্রোজেনের সঙ্গে নাইট্রাইড (Ca_3N_2), সিলিকনের সঙ্গে সিলিকাইড ($CaSi_2$) এবং কার্বনের সঙ্গে কারবাইড (CaC_2) যৌগ গঠন করে। এজন্য কার্বন-বিজারণ পদ্ধতিতে ক্যালসিয়াম নিষ্কাশিত করা যায় না। কার্বন-বিজারণ পদ্ধতিতে যে ক্যালসিয়াম নিষ্কাশিত হয় তাহা আবার কার্বনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম কারবাইড (CaC_2) যৌগ গঠন করে।

7 ক্যালসিয়াম ফসফেট [$Ca_3(PO_4)_2$] সার রূপে ব্যবহৃত হয়। সিমেন্ট, কংক্রীট, প্লাস্টার অব প্যারিস—ইত্যাদির প্রধান উপাদান ক্যালসিয়ামের যৌগ।

ম্যাগনেসিয়াম ধাতু

প্রতীক চিহ্ন—Mg , পারমাণবিক গুরুত্ব—24 , যোজ্যতা—2

প্রাকৃতিক আকরিক (Natural ores): প্রাকৃতিক মৌল-ধাতুরূপে ম্যাগনেসিয়াম পাওয়া যায় না,—পাওয়া যায় প্রধানত বিভিন্ন যৌগের মিশ্রিত লবণের মধ্যে। যথা:

(i) **ক্লোরাইড:** কার্নেলাইট (Carnelite)—$MgCl_2, KCl, 6H_2O$

(ii) **কার্বনেট:** ম্যাগনেসাইট (Magnesite)—$MgCO_3$
ডলোমাইট (Dolomite)—$CaCO_3, MgCO_3$

(iii) **সিলিকেট:** কাইসারাইট (Kieserite)—$MgSO_4, H_2O$
কাইনাইট (Kainite)—$MgSO_4, K_2SO_4, MgCl_2, 6H_2O$

(iv) **সিলিকেট:** অ্যাসবেসটস (Asbestos)—$CaMg_3(SiO_3)_4$

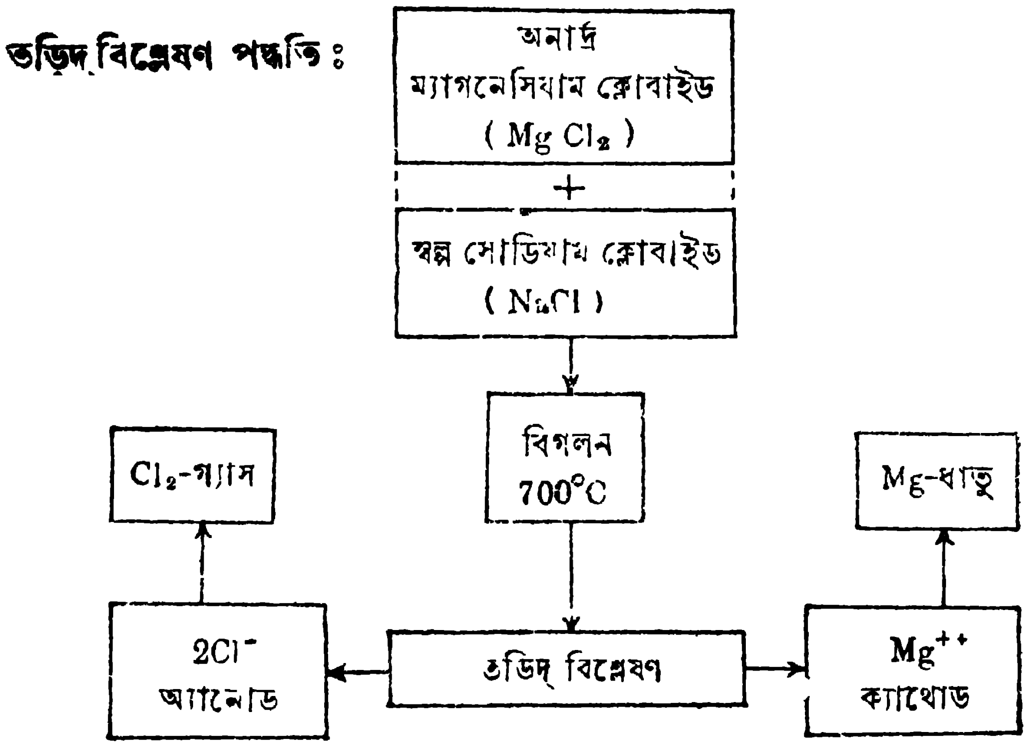
ম্যাগনেসিয়াম নিষ্কাশন (Magnesium Extraction)

1. তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতি (Electrolytic Separation)

রাসায়নিক পদ্ধতি : কার্নেলাইট অথবা অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডকে গলিত অবস্থায় (fused) তড়িদ্‌বিশ্লেষিত করিয়া ম্যাগনেসিয়াম নিষ্কাশিত করা হয়।

প্রথমে তড়িদ্‌বিয়োজনের ফলে ম্যাগনেসিয়াম আয়ন (Mg^{++}) ও ক্লোরাইড আয়ন (Cl^-) গঠিত হয়। ম্যাগনেসিয়াম আয়ন ক্যাথোডে আকর্ষিত হইয়া ইলেকট্রন গ্রহণ করে এবং ম্যাগনেসিয়াম পরমাণুতে (Mg) পরিণত হয়। ক্লোরাইড আয়ন অ্যানোডে আকর্ষিত হয় এবং ইলেকট্রন বর্জন করিয়া ক্লোরিন পরমাণুতে (Cl) পরিণত হয়। এই ক্লোরিন পরমাণু সংযুক্ত হইয়া গ্যাসীয় ক্লোরিন অণু (Cl_2) গঠন করিয়া নির্গত হইয়া যায়।

ম্যাগনেসিয়াম নিষ্কাশন



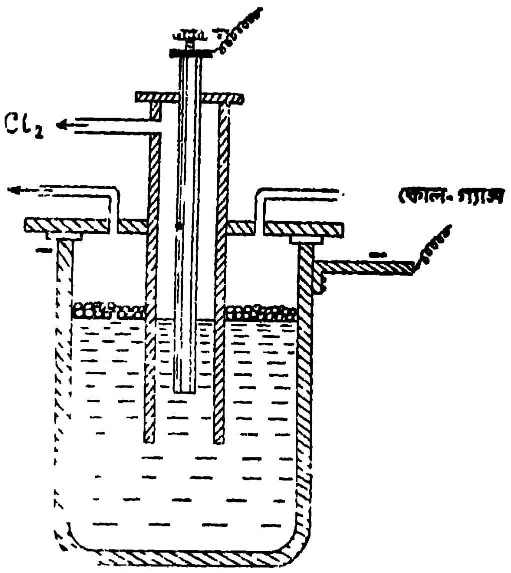
তড়িদ্‌বিয়োজন : $MgCl_2 \rightleftharpoons Mg^{++} + 2Cl^-$

ক্যাথোড বিক্রিয়া : $Mg^{++} + 2e \rightarrow Mg$

অ্যানোড বিক্রিয়া : $2Cl^- - 2e \rightarrow 2Cl \rightarrow Cl_2$

ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডের ($MgCl_2$) গলনাংক হ্রাস করার জন্য তড়িদ্‌বিশ্লেষণের পূর্বে ইহার সঙ্গে অল্প পরিমাণে সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl) মিশ্রিত করা হয়।

যন্ত্র ও উৎপাদন ব্যবস্থা: একটি লোহার আবদ্ধ পাত্রে 700°C তাপাংকে ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড বিগলিত করিয়া সেই তরলের তড়িদ্‌বিশ্লেষণ করা হয়। লোহার পাত্রটিকে ব্যাটারীর ক্যাথোডের সঙ্গে যুক্ত করিয়া ক্যাথোডরূপে ব্যবহার করা হয় এবং অ্যানোডরূপে ব্যবহার করা হয় একটি কার্বন-দণ্ড। কার্বন-দণ্ডটি একটি পোরসেলিন নলের আবরণে ঢাকা থাকে। অতি-সক্রিয় পদার্থ ম্যাগনেসিয়াম যেন বায়ুর সংস্পর্শে অক্সাইডে পরিণত না হয় সেজন্য তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পাত্রের উপরিভাগের শূন্যস্থান নিষ্ক্রিয় কোল-গ্যাস বা হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা ভরিয়া রাখা হয়।



ম্যাগনেসিয়াম প্রস্তুত

তড়িদ্‌বিশ্লেষণের ফলে ক্লোরিন অ্যানোডে সঞ্চিত হইয়া গ্যাসরূপে পোরসেলিনের নলের ভিতর দিয়া নির্গত হইয়া যায়। ম্যাগনেসিয়াম ধাতু প্রথমে লোহার পাত্রের দেওয়ালে সংগৃহীত হয় এবং তাহা পরে বিগলিত তরল ক্লোরাইডের উপরে ভাসিয়া উঠে। হাতল দ্বারা এই ভাসমান ম্যাগনেসিয়াম ধাতু সংগ্রহ করিয়া ছোট ছোট ধাতু-দণ্ড তৈরী করা হয়।

2. কার্বন বিজারণ পদ্ধতি (Carbon-Reduction process)

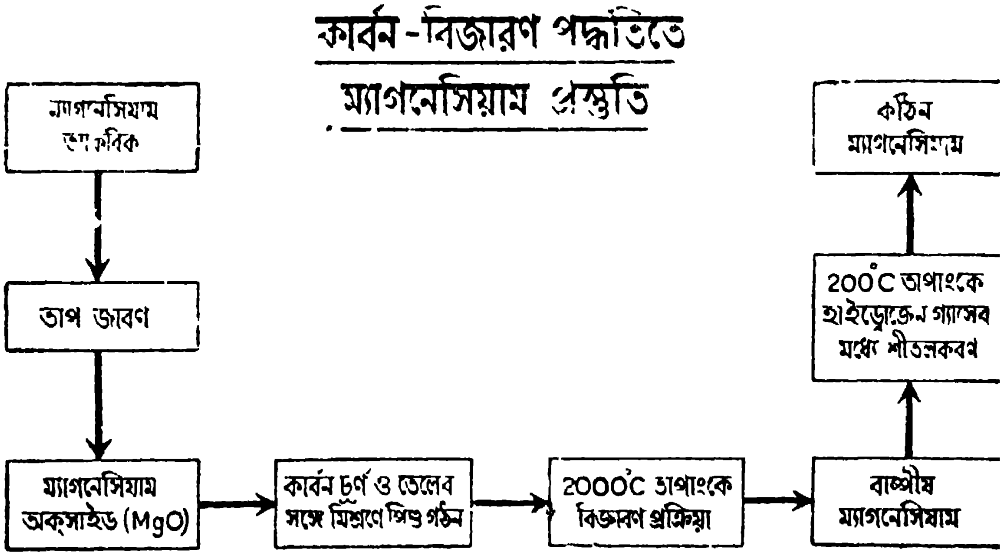
ক্ষারীয় এবং ক্ষারীয় মৃত্তিকা-ধাতুর মধ্যে একমাত্র ম্যাগনেসিয়ামই কার্বন-বিজারণ পদ্ধতিতেও নিষ্কাশিত করা যায়। ইহা একটি আধুনিক পদ্ধতি। এই পদ্ধতিতে :

(i) প্রথমে ম্যাগনেসিয়ামের আকরিক তাপ-জারণ (calcination) পন্থায় ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডে (MgO) পরিণত করা হয়।

$$MgCO_3 = MgO + CO_2 \uparrow$$

(ii) এই ম্যাগনেসিয়াম অকসাইড (MgO) চূর্ণ করিয়া এবং তাহা তেল বা পিচের সাহায্যে চূর্ণ কার্বনের সঙ্গে মিশাইয়া ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড (MgO) এবং কার্বনের (C) মিশ্রণ এক একটি ইটের ন্যায় পিণ্ডাকারে তৈরী করা হয়।

(iii) এই ইট বা পিণ্ড (MgO+C) বৈদ্যুতিক উনানে 2000°C তাপাংকে উত্তপ্ত করার ফলে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড কার্বন দ্বারা বিজারিত হইয়া ম্যাগনেসিয়াম ধাতুরূপে নিষ্কাশিত হয়। সদ্য নিষ্কাশিত ম্যাগনেসিয়াম ধাতু গ্যাসীয় অবস্থায় পরিণত হয়। যথা: $MgO + C = Mg\uparrow + CO\uparrow$


কার্বন-বিজারণ পদ্ধতিতে ম্যাগনেসিয়াম প্রস্তুতি
ম্যাগনেসিয়াম আকরিক
তাপ জারণ
ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড (MgO)
কার্বন চূর্ণ ও তেলের সঙ্গে মিশ্রণে পিণ্ড গঠন
2000°C তাপাংকে বিজারণ প্রক্রিয়া
বাষ্পীয় ম্যাগনেসিয়াম
200°C তাপাংকে হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে শীতলকরণ
কঠিন ম্যাগনেসিয়াম

(iv) এই গ্যাসীয় ম্যাগনেসিয়াম 200°C তাপাংকে অবস্থিত একটি হাইড্রোজেন গ্যাস-ভরা পাত্রের মধ্যে স্থানান্তরিত করা হয়। অপেক্ষাকৃত শীতল পাত্রে এবং হাইড্রোজেন গ্যাসের নিষ্ক্রিয় পরিবেশে লঘুকৃত বাষ্পীয় ম্যাগনেসিয়াম কঠিনাকার ম্যাগনেসিয়াম পাউডারে পরিণত হয়। এই ম্যাগনেসিয়াম পাউডারকে আবার উচ্চতাপে গলাইয়া ম্যাগনেসিয়াম-দণ্ড তৈরী করা হয়।

ম্যাগনেসিয়ামের ধর্ম

ভৌত ধর্ম (Physical properties): (i) ম্যাগনেসিয়াম রূপালী বর্ণের একটি নমনীয় ও প্রসারণশীল ধাতু। তাই, ইহার তার ও পাত তৈরী করা যায়। ম্যাগনেসিয়াম রীবন ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর এরূপ পাতলা ফিতা। (ii) ইহার ঘনত্ব 1·74, গলনাংক 660°C, স্ফুটনাংক 1120°C.

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) (i) **বায়ুর ক্রিয়া** (Action of air) : বিশুদ্ধ সোডিয়াম, পটাসিয়াম ও ক্যালসিয়ামের ন্যায় ম্যাগনেসিয়ামও অবিকৃত থাকে। ম্যাগনেসিয়াম জলীয় বায়ুতে অক্সাইডে পরিণত হইয়া যায়। যথা : $2Mg + O_2 = 2MgO$

(ii) **বায়ুতে দহন ক্রিয়া** (Burning in air) : ম্যাগনেসিয়াম ধাতু বায়ুতে দগ্ধ করিলে অত্যুজ্জ্বল তীব্র প্রভায় আলোক বিকীর্ণ করিয়া অক্সাইডে পরিণত হয় এবং আংশিকভাবে ক্যালসিয়ামের ন্যায় নাইট্রাইড যৌগ গঠন করে। যথা :

$$2Mg + O_2 = 2MgO \; ; \; 3Mg + N_2 = Mg_3N_2$$

(iii) **জলের ক্রিয়া** (Action of water) : ম্যাগনেসিয়াম ফুটন্ত জলে সাধারণভাবে এবং জলীয় বাষ্পের মধ্যে তীব্রভাবে বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোজেন ও **ধাতুর অকসাইড** তৈরী করে। কিন্তু সোডিয়াম, পটাসিয়াম ও ক্যালসিয়ামের ক্ষেত্রে এরূপ বিক্রিয়ায় হাইড্রোক্সাইড গঠিত হয়। যথা :

$$Mg + H_2O = MgO + H_2$$

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$$

(iv) **অ্যাসিডের ক্রিয়া** (Action of acid) : ম্যাগনেসিয়াম লঘু হাইড্রোক্লোরিক, সালফিউরিক ও নাইট্রিক—এই তিনটি অ্যাসিডের সঙ্গেই বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ম্যাগনেসিয়াম ধাতু হাইড্রোজেন উৎপান করিতে সক্ষম। যথা :

$$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$$

$$Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2$$

$$Mg + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2$$

(v) **ক্ষারের ক্রিয়া** (Action of alkali) : অন্যান্য ক্ষারীয় ও ক্ষারীয়-মৃত্তিকা ধাতুর ন্যায় ম্যাগনেসিয়ামের উপরেও ক্ষারের কোন বিক্রিয়া ঘটে না।

(vi) **ক্লোরিনের বিক্রিয়া** (Action of chlorine) : তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরিন গ্যাসের মধ্যে জ্বলিয়া ওঠে এবং ক্লোরাইড গঠন করে। যথা,

$$Mg + Cl_2 = MgCl_2$$

(vii) **বিজারণ ক্ষমতা** (Reducing property) : সোডিয়ামের ন্যায় ম্যাগনেসিয়ামও উচ্চ তাপে একটি প্রবল বিজারক পদার্থ। যথা :

$$2Mg + CO_2 = 2MgO + C$$

(viii) **প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া** (Displacement reaction) : ম্যাগনেসিয়াম নিম্নতর ইলেকট্রোপজেটিভ ধাতুকে প্রতিস্থাপিত করে। যথা,

$$Mg+CuCl_2=Cu+MgCl_2$$
$$Mg+ZnSO_4=Zn+MgSO_4$$

প্রধান যৌগসমূহ : ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড (MgO), ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোক্সাইড $Mg(OH)_2$, ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ($MgCl_2,6H_2O$), ম্যাগনেসিয়াম-কার্বনেট ($MgCO_3$), ম্যাগনেসিয়াম-সালফেট ($MgSO_4$) এবং ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রেট $Mg(NO_3)_2$.

ইপসম্ লবণ (Epsom salt) : ম্যাগনেসিয়াম যৌগের মধ্যে ম্যাগনেসিয়াম-সালফেট ($MgSO_4, 7H_2O$) ইপ্‌সম্ লবণ নামে পরিচিত। এরূপ যৌগ ইংলণ্ডের ইপ্‌সম্ নামক স্থানের খনিজ জলে প্রথম পাওয়া যায়। ইহা ম্যাগনেসিয়ামের যে-কোন যৌগের সঙ্গে সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় তৈরী করা যায়। যথা :

$$MgO+H_2SO_4=MgSO_4+H_2O$$

ইহা জলে দ্রবণীয়, বর্ণহীন ও স্ফটিকাকার। এই লবণটি জিংক ও আয়রনের সালফেটের সমাকৃতি (Isomorphous)। যথা :

$$MgSO_4, 7H_2O\ ,\ ZnSO_4, 7H_2O\ ,\ FeSO_4, 7H_2O$$

ইহা 'ম্যাগসাল্‌ফ' নামে জোলাপ রূপে, কাগজ ও সূতি শিল্পে, রঙ ও ফায়ার-প্রুফের কাজে এবং শিল্পে ব্যবহৃত হয়।

ম্যাগনেসিয়ামের প্রাকৃতিক যৌগ হইতে অন্যান্য যৌগ গঠন

$MgCO_3 \rightarrow$ ম্যাগনেসাইট

| $—2HCl \rightarrow MgCl_2+CO_2+H_2O$ (Mg-ক্লোরাইড)

| $—H_2SO_4 \rightarrow MgSO_4+CO_2+H_2O$ (Mg-সালফেট)

| $—2HNO_3 \rightarrow Mg(NO_3)_2+CO_2+H_2O$ (Mg-নাইট্রেট)

↓ তাপ ↓

$$MgO+2HCl \rightarrow H_2O+MgCl_2+[2NaOH] \rightarrow Mg(OH)_2+2NaCl$$

ম্যাগনেসিয়াম যৌগের বৈশিষ্ট্য

ম্যাগনেসিয়াম যৌগের বৈশিষ্ট্য মূলত ক্যালসিয়াম যৌগের ন্যায়। তাই, ম্যাগনেসিয়াম ও ক্যালসিয়ামকে সমগোত্রী ধাতু বলা হয়।

ম্যাগনেসিয়ামের ব্যবহার (Uses) : (i) ফটোগ্রাফীর ফ্ল্যাশ্ লাইট ও অন্যান্য আলোক সংকেতরূপে, (ii) বাজি তৈরী করার উপাদানরূপে (পটাসিয়াম ক্লোরেট ও ম্যাগনেসিয়াম পাউডার বাজির উপাদান), (iii) রসায়নাগারের বিজারক পদার্থরূপে (iv) থারমিট পদ্ধতিতে এবং (v) হাল্কা ধাতু-সংকর গঠনের জন্য ম্যাগনেসিয়াম ব্যবহার করা হয়।

ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের সাদৃশ্য

1. ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম—এই উভয় ধাতুর মধ্যে আংশিকভাবে ক্ষারীয় ধর্ম (alkaline property) এবং জলে-অদ্রবণীয়-মৃত্তিকা ধাতুর (earth-metal) ধর্ম বর্তমান বলিয়া ইহাদের ক্ষার-মৃত্তিকা (alkaline-earth) বলা হয়।

2 উভয়েই বিশেষ সক্রিয় পদার্থ বলিয়া প্রকৃতিতে মৌল অবস্থায় পাওয়া যায় না।

3. উভয় ধাতুরই যোজ্যতা দুই।

4. উভয় ধাতুরই বর্ণ রূপার ন্যায় সাদা এবং অপেক্ষাকৃত হাল্কা।

5. প্রকৃতিতে উভয়েরই মিশ্রিত লবণ পাওয়া যায়। যথা : ডলোমাইট —$CaCO_3, MgCO_3$

6. উভয় ধাতু বায়ু ও জলের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া অক্সাইড ও হাইড্রোক্সাইড গঠন করে। এই যৌগগুলি বায়ুর-কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণ করিয়া শেষ পর্যায়ে কার্বনেট যৌগে পরিণত হয়। যথা :

$$M \xrightarrow{O_2} MO \xrightarrow{CO_2} MCO_3 \text{ , [} M=Ca \text{ বা } Mg \text{]}$$

এই কার্বনেট যৌগ উত্তাপে ভাঙ্গিয়া যায় এবং অক্সাইড গঠন করে। যথা :

$$MCO_3 \rightarrow MO+CO_2$$

7. উভয়েই সমভাবে বিভিন্ন যৌগ গঠন করে এবং বিশেষভাবে নাইট্রাইড যৌগ গঠন ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের এক বিশেষ ধর্ম।

8. ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম একই তড়িদ্বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে একই ধরনের ক্লোরাইড যৌগ হইতে নিষ্কাশিত করা হয়।

ম্যাগনেসিয়ামের ধাতু-সংকর (Alloys)

ম্যাগনেসিয়ামের ধাতু-সংকর বিমান ও মোটরের কাঠামো তৈরী করা জন্য ব্যবহৃত হয়। কারণ, এরূপ ধাতু-সংকর ওজনে হালকা। ম্যাগনেসিয়ামের কয়েকটি ধাতু-সংকর :

	নাম	**উপাদান**	**অনুপাত**
1.	ম্যাগনেলিয়াম	Al : Mg	90 : 10
2.	ডুরেলামিন	Al : Cu : Mn : Mg	95·5 : 3 : 1 : 0·5
4.	ইলেকট্রোন	Mg : Zn	95 : 5

ম্যাগনেসিয়াম সনাক্তকরণ (Test or identification):

(i) ম্যাগনেসিয়ামের যে-কোন যৌগ অঙ্গার-পিণ্ডের গর্তের মধ্যে রাখিয়া ফুৎ-নলের সাহায্যে বুনসেন দীপের অদীপ্ত জারণ-শিখায় দগ্ধ করিলে অঙ্গারের উপরে একটি সাদা অবশেষ থাকে। এই অবশেষের মধ্যে কয়েক ফোঁটা কোবাল্ট নাইট্রেট দ্রবণ ফেলিয়া আবার অদীপ্ত জারণ-শিখায় উত্তপ্ত করিলে সাদা আস্তরণ গোলাপী বর্ণে রূপান্তরিত হয়।

(ii) ম্যাগনেসিয়াম লবণের যে-কোন দ্রবণের মধ্যে অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড ঢালিলে ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোকসাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। যথা :

$$MgSO_4 + 2NH_4OH = (NH_4)_2SO_4 + Mg(OH)_2) \downarrow$$

এই সাদা অধঃক্ষেপের মধ্যে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl) ঢালিলে $Mg(OH)_2$ দ্রবীভূত হয়।

(iii) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl) মিশ্রিত দ্রবণীয় ম্যাগনেসিয়াম যৌগ ডাই-সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট (Na_2HPO_4) মিশাইলে ম্যাগনেসিয়াম-অ্যামোনিয়াম ফসফেটের [$Mg(NH_4)PO_4$] সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে।

$$MgSO_4 + Na_2HPO_4 + NH_4OH = Mg(NH_4)PO_4 + Na_2SO_4 + H_2O$$

Questions to be discussed

1. What is an alkaline earth metal. Name two such metals What are the chief sources of such metals ?

State simple chemical principles of their extraction ?

2 How does calcium occur in nature ? Name three important compounds of calcium of commercial importance with their uses.

Outline the chemical principles of the preparation of calcium and lime. Why calcium cannot be extracted by carbon reduction process ?

3. What is lime ? How is lime prepared ? What is slaked lime and slaking of lime ? What is soda lime ?

4. Writes short notes on , milk of lime, lime water, plaster of Paris, gypsum and fused calcium chloride. Give their formulæ.

5. How would you prepare cement, concrete and Plaster of Paris ?

Give chemical principles only. What happens when lime is continuously exposed to air ?

6. Why calcium cannot be extracted by carbon reduction process ? What is the reaction of air, water and caustic soda on calcium and lime ?

7. Explain why—(i) lime water turns milky in air, (ii) fused calcium chloride turns wet on exposure to air, (iii) lime swells and then crumbles on addition of water, (iv) lime hardens on exposure to air, (v) Plaster of Paris hardens when water is added to it and action stops after sometime when H_2SO_4 is added to $CaCO_3$? Give equations where necessary.

8. Starting with lime stone how would you prepare lime, fused calcium chloride, lime water, milk of lime, and calcium sulphate ?

9. Name the important ores of magnesium. Can magnesium be extracted by carbon reduction process ? If so, outline the principle of its extraction. Name three alloys of magnesium.

10. How magnesium reacts with air, water, and caustic soda ? What is magnesite ? How would you obtain magnesium oxide, magnesium hydroxide, magnesium chloride and magnesium nitrate from magnesite ?

11. What are the reactions when: (i) air reacts with magnesium, (ii) magnesite is strongly heated, (iii) Epsom salt strongly heated, (iv) carbon dioxide passed through a solution of magnesium chloride, (v) magnesium oxide treated with sulphuric acid and the solution evaporated and (vi) magnesium ribbon burns in air with dazzling flash? Give equations where necessary.

12. Describe (without giving details about commercial plants) one method in each case by which calcium and magnesium are obtained. State the chemical properties of the metals.

[*H. S.* (*comp.*) *1961*]

13. Starting from limestone describe how you would prepare quick lime and metallic calcium. How do they react with water? Give equations.

What is cement? Why is it considered an important building material? [*H S. Exam 1963*]

কপার বা তাম্র

প্রতীক-চিহ্ন—Cu (কিউপ্রাম), পারমাণবিক গুরুত্ব—63·67 যোজ্যতা—1 এবং 2.

পরিচয় ঃ মানব সভ্যতায় কপার বা তামাই প্রাচীনতম সুপরিচিত ধাতু। তামাই ছিল প্রাচীন যুগের অস্ত্র ও যন্ত্রপাতি তৈরী করার অন্যতম ধাতু। সেই যুগকে তাই বলা হয় **তাম্র যুগ**। খ্রীষ্টপূর্ব তের শতাব্দীতে তামা এত মহার্ঘ ছিল যে মিসরে তামার ভাণ্ডার রক্ষা করা হইত মন্দির-ভবনে। ব্রোঞ্জ ও পিতল অর্থাৎ, তামা ও টিন এবং তামা ও জিংকের মিশ্র পদার্থ পরবর্তী কালে ব্যবহৃত হইতে আরম্ভ করে। প্রাচীন মিসরে তামাকে বলা হইত 'চালকস্'। রোমানরা প্রথম তামা সংগ্রহ করে সাইপ্রাস দ্বীপ হইতে। তাই, রোমান যুগে তামার নাম দেওয়া হয় 'সাইপ্রিয়াম'। এই সাইপ্রিয়াম কথাটি হইতে কিউপ্রিয়াম শব্দটি উদ্ভব হয় এবং পরে সাধারণভাবে এই বলিয়া 'কিউপ্রিয়ামকে বলা হয় কিউপ্রাম বা কপার। তামার লাল বর্ণের জন্য প্রাচীন ভারতে তামাকে বলা হইত, 'লোহিত' বা লোহা'। পরে তামা পরিচিত হয় তাম্র বা তামা নামে এবং অন্য একটি ধাতুর নাম দেওয়া হয় লোহা।

প্রাকৃতিক আকরিক (Natural ores) : খুব সক্রিয় ধাতু নয় অর্থাৎ তড়িৎ রাসায়নিক তালিকায় হাইড্রোজেনের নিচে বলিয়া কপার মৌল-রূপে মুক্ত অবস্থায়ও পাওয়া যায়। আমেরিকার সুপিরিয়র হ্রদ অঞ্চলে, সোভিয়েট ইউনিয়নের ইউরাল পর্বতে ও সাইবেরিয়ায় মৌল অবস্থায় কপার ধাতু পাওয়া যায়। কিন্তু কপারের প্রধান ভাণ্ডার কপারের যৌগসমূহ। যথা :

(i) **অক্সাইড :** কিউপ্রাইট (Cuprite) বা লাল কপার অক্সাইড —Cu_2O

(ii) **সালফাইড :** কপার গ্ল্যান্স (Copper glance)—Cu_2S এবং কপার পিরাইটিস (Copper pyrites)— Cu_2S, Fe_2S_3 বা $CuFeS_2$

(iii) **কার্বনেট :** ম্যালাকাইট (Malakite)—$CuCO_3, Cu(OH)_2$
অ্যাজুরাইট (Azurite)—$2CuCO_3, Cu(OH)_2$

(iv) **ক্লোরাইড :** অ্যাটাকামাইট (Atacamite)—
$CuCl_2, 3Cu(OH)_2$

নেপাল ও ভুটান এবং ভারতের সিংভূম জেলায় মুসাবনীতে (ঘাটশিলায়), সিকিম, আসাম, নেলোর, উত্তর প্রদেশ ও পাঞ্জাবে তামার খনিজ আকরিক পাওয়া যায়। ঘাটশিলায় তাম্র নিষ্কাশন করা হয়।

কপার নিষ্কাশন

কোন্ পদ্ধতিতে কপার বা তাম্র নিষ্কাশিত করা হইবে তাহা নির্ভর করে আকরিকের (ore) প্রকৃতির উপরে। প্রকৃতিতে **মৌল** অবস্থায় যে **কপার** পাওয়া যায় তাহা প্রথমে বিগালকের (flux) সাহায্যে বিগলিত করিয়া ইহার সঙ্গে মিশ্রিত মল বা ময়লা ধাতুমল (slag) রূপে অপসারিত করা হয়। এই মল বা ময়লামুক্ত মৌল কপার তাপদগ্ধ করিয়া অথবা (roasting) তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে পরিশোধিত করা হয়।

1. কার্বন-বিজারণ পদ্ধতি

(Carbon-reduction process)

কপারের আকরিক যদি কিউপ্রাইট (Cu_2O) বা ম্যালাকাইট [$CuCO_3, Cu(OH)_2$] জাতীয় **অক্সাইড** বা **কার্বনেট** হয় তবে কার্বন-বিজারণ পদ্ধতিতে কপার নিষ্কাশন করা হয়। কার্বনেট জাতীয় আকরিক প্রথমে বায়ুতে উচ্চতাপে জারিত করিয়া (roasting) অক্সাইডে পরিণত করা হয়। এই অক্সাইড কার্বন দ্বারা বিজারিত করিয়া কপার বা তাম্র নিষ্কাশিত করা হয়। যথা :

(i) তাপজারণ (roasting) করিয়া প্রথমে আকরিককে কপার **অক্সাইডে রূপান্তর** (conversion to oxide) করা হয় :—

$$\underset{\text{ম্যালাকাইট বা অ্যাজুরাইট}}{[CuCO_3, Cu(OH)_2]} \rightarrow CuO + CO_2\uparrow + H_2O\uparrow$$

(ii) চারকোলের সাহায্যে কপার অক্সাইডের **কার্বন-বিজারণ** (Carbon reduction) $CuO + C \rightarrow Cu + CO\uparrow$

2. স্বতঃবিজারণ পদ্ধতি

(Self-reduction process)

পৃথিবীতে **কপার পিরাইটিস বা কপারের সালফাইড** যৌগ পাওয়া যায় সবচেয়ে বেশী। এই সালফাইড যৌগে মাত্র 3% কপার বর্তমান। প্রধানত এই যৌগ হইতে কপার নিষ্কাশিত করা হয়।

নিষ্কাশন পদ্ধতির মূল অসুবিধা (Difficulties in copper extraction from sulphide ores): কপার পিরাইটিস হইতে কপার নিষ্কাশিত করা কষ্টসাধ্য। কপার পিরাইটিস কপার ও আয়রনের একটি মিশ্র সালফাইড। যথা:

Cu_2S, Fe_2S_3 অথবা $2CuFeS_2$ এবং Cu_2S, CuS, FeS

কপার সালফাইডের সঙ্গে আয়রন সালফাইড মিশ্রিত থাকায় কপার নিষ্কাশনে অসুবিধা দেখা দেয়। সালফারের প্রতি কপারের রাসায়নিক আসক্তি (chemical affinity) লোহার চেয়ে অনেক বেশী। তাই, (i) তাপজারণ (roasting) পদ্ধতিতে মিশ্র সালফাইড যৌগকে অক্সাইডে রূপান্তরিত করিবার বিক্রিয়ায় প্রথমে আয়রন সালফাইড (Fe_2S_3 বা FeS) আয়রন অক্সাইডে (FeO) পরিণত হয়। সামান্য কিউপ্রাস সালফাইডও (Cu_2S) কিউপ্রিক অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়। কিন্তু (ii) এই কিউপ্রিক অকসাইড আবার অবিকৃত আয়রন সালফাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া কপার সালফাইডে পরিণত হয়। যথা:

$$Cu_2O+FeS=Cu_2S+FeO$$

(iii) তাই, কপার সালফাইড যৌগ হইতে কপার নিষ্কাশনের জন্য প্রথম পর্যায়ে তাপজারণ পদ্ধতিতে আয়রন সম্পূর্ণভাবে অপসারিত করার প্রয়োজন হয়। (iv) আয়রন সম্পূর্ণভাবে অপসারিত করিয়া স্বতঃ-বিজারণ (self-reduction) পদ্ধতিতে কপার সালফাইড যৌগ হইতে কপার নিষ্কাশিত করা হয়। আয়রন অপসারণের পরে কপার সালফাইড আংশিকভাবে কিউপ্রাস অক্সাইডে (Cu_2O) পরিণত হয়। এই কিউপ্রাস অক্সাইড অপরিবর্তিত কপার সালফাইডের (Cu_2S) সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া স্বতঃ-বিজারণ পদ্ধতিতে কপার নিষ্কাশন করে। যথা:

$$2Cu_2S+3O_2=2Cu_2O+2SO_2$$
$$Cu_2S+2Cu_2O=6Cu+SO_2\uparrow$$

(v) এই অশুদ্ধ কপার তাপজারণ বা তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে পরিশোধিত করা হয়।

কপার পিরাইটিস হইতে স্বতঃবিজারণ পদ্ধতিতে কপার নিষ্কাশন

(Extraction from copper pyrites by self-reduction process)

কপার নিষ্কাশন পদ্ধতি নিম্নলিখিত পর্যায়ে সম্পন্ন করা হয়। যথা :

(1) আকরিকের গাঢ়ীকরণ (Concentration of ores),

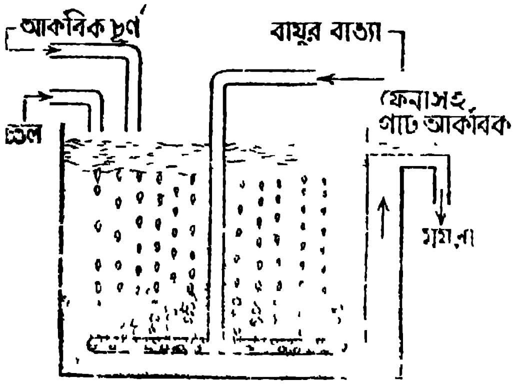
(2) আকরিকের তাপজারণ (Roasting of ores),

(3) তাপজারিত আকরিকের বিগলন ও কপার সালফাইডরূপে 'ম্যাট' প্রস্তুতি (Smelting and preparation of matte),

(4) কপার সালফাইড বা 'ম্যাট' হইতে স্বতঃ-বিজারণ বিক্রিয়ায় কপার নিষ্কাশন (Extraction of copper by self-reduction of copper sulphide),

(5) তাপজারণ বা তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে অশুদ্ধ কপারের পরিশোধন (Refining of impure copper by roasting or electrolytic process)।

(1) **আকরিকের গাঢ়ীকরণ** (Concentration) : খনিজ কপার পিরাইটিস আকরিকে কপারের পরিমাণ প্রায় 3%, আকরিকে মিশ্রিত বালু, কাঁকর, মাটি ইত্যাদি মল বা ময়লা প্রথমে অপসারিত করা হয়। পাইন তেল, সোডিয়াম জেনথেট ও জলের সঙ্গে বিচূর্ণ আকরিক মিশ্রিত করিয়া তাহার মধ্যে বায়ুপ্রবাহ চালান হয়। এরূপ প্রক্রিয়ায় কপার পিরাইটিস ফেনার সঙ্গে মিশ্রিত হইয়া তরলের উপরে ভাসিয়া উঠে, পক্ষান্তরে বালু, কাঁকর, মাটি ইত্যাদি তলায় থিতাইয়া পড়ে। ফেনা সমেত আকরিক চূর্ণ তরলের উপর হইতে তুলিয়া লওয়া হয়। এরূপ কপার আকরিকে প্রায় 35% কপার বর্তমান থাকে। আকরিক পরিস্রুতির এরূপ পদ্ধতিকে বলা হয় **গাঢ়ীকরণ**।



আকরিকের গাঢ়ীকরণ

(ii) **তাপজারণ** (Roasting): পরবর্তী পর্যায়ে গাঢ়ীকৃত আকরিক পরাবর্ত (reverberatory) বা অন্য কোন প্রশস্ত গহ্বর-যুক্ত চুল্লীতে (flat-furnace) উত্তপ্ত করা হয়। এরূপ প্রক্রিয়ায় মূলত কপার আকরিকের আয়রনের অংশ ফেরাস ও ফেরিক অক্সাইড এবং কপারের একাংশ কিউপ্রাস সালফাইডে পরিণত হয়। যথা :

$$2CuFeS_2 + 4O_2 = Cu_2S + 2FeO + 3SO_2 \uparrow$$

$$4CuFeS_2 + 9O_2 = 2Cu_2S + 2Fe_2O_3 + 6SO_2 \uparrow$$

এই বিক্রিয়ায় যদি সামান্য পরিমাণে কিউপ্রাস সালফাইড (Cu_2S) কিউপ্রাস অক্সাইড যৌগে (Cu_2O) পরিণত হয় তবে তাহা ফেরাস সালফাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় পুনরায় কিউপ্রাস সালফাইড গঠন করে। যথা :

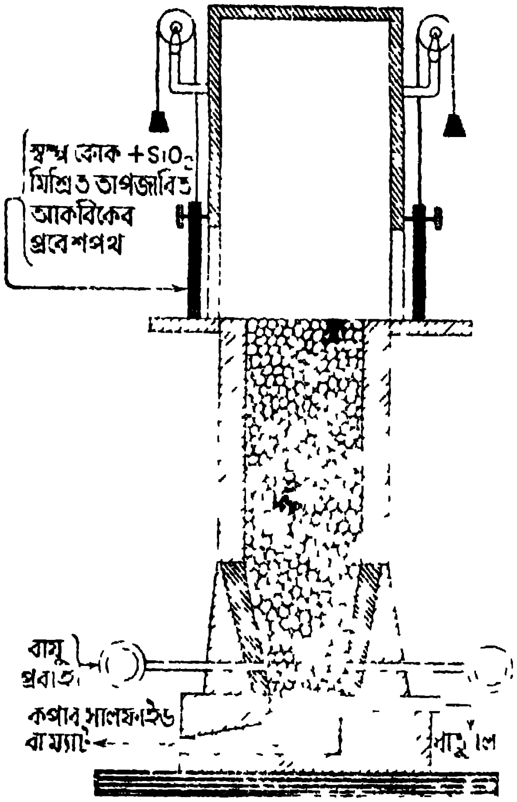
$$Cu_2O + FeS = Cu_2S + FeO$$

(iii) **বিগলন ক্রিয়া** (Smelting): তৃতীয় পর্যায়ে তাপজারিত আকরিকের সঙ্গে স্বল্প পরিমাণে কোক (C) এবং বালু বা সিলিকা (SiO_2) মিশ্রিত করিয়া চুল্লীতে উচ্চতাপে বিগলিত করা হয়। এরূপ বিক্রিয়ায় ফেরাস ও ফেরিক অক্সাইডের সঙ্গে সিলিকার (SiO_2) সংযোগে আয়রন সিলিকেট গঠিত হয়। যথা :

$FeO + SiO_2$ (বালু)

$= FeSiO_3$ (আয়রন সিলিকেট)

$$2Fe_2O_3 + 4SiO_2 = 4FeSiO_3 + O_2$$



ব্লাস্ট ফার্নেসে বিগলন বিক্রিয়ায় কপার সালফাইড বা 'ম্যাট' প্রস্তুতি

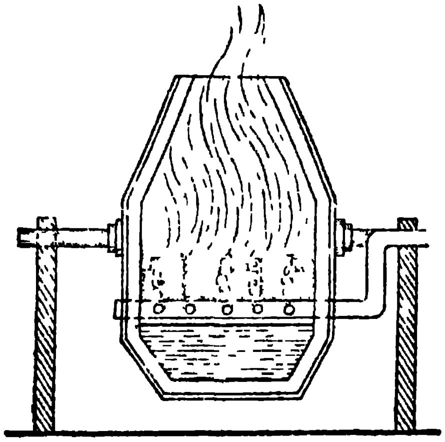
এই আয়রন সিলিকেট বিগলিত কিউপ্রাস সালফাইডের উপর ভাসিতে থাকে এবং ইহা হাতলের সাহায্যে অপসারিত করা হয়। চুল্লীর তলায় সঞ্চিত বিগলিত কিউপ্রাস সালফাইডকে শিল্পের ভাষায় বলা হয় **ম্যাট** বা **অমার্জিত ধাতু** (matte or coarse metal)। এরূপ বিগলন

বিক্রিয়ায় বালুকে **বিগালক** বা **ফ্লাক্স** (flux) এবং আয়রন সিলিকেটকে বলা হয় **ধাতুমল** বা **স্ল্যাগ** (slag)।

এই বিগলন বিক্রিয়া কয়েকবার পুনরাবৃত্তি করা হয়। এরূপ প্রক্রিয়ায় অমার্জিত কিউপ্রাস সালফাইড **মার্জিত বা শ্বেত-ধাতুতে** (fine or white metal) পরিণত হয়। এরূপ ম্যাটের মধ্যে প্রায় 55% কপার বর্তমান থাকে।

এইরূপ বিগলন ক্রিয়া (smelting) সম্পন্ন করা হয় সাধারণত পরাবর্ত বা রিভারবারেটরী চুল্লী (reverberatory furnace) অথবা মারুৎ চুল্লী বা ব্লাস্ট ফার্নেসে (blast furnace)। রিভারবারেটরী চুল্লীর বিগলন ওয়েলস পদ্ধতি (Welsh process) এবং ব্লাস্ট ফার্নেসে বিগলন ম্যানহিস পদ্ধতি (Manhes process) নামে পরিচিত। এরূপ বিক্রিয়ায় রিভারবারেটরী চুল্লীর মূল গহ্বরে (hearth) তাপজারিত আকরিক বিগলিত করা হয় এবং ব্লাস্ট ফার্নেসে বাত্যা-প্রবাহের সাহায্যে বিগলন ক্রিয়া সম্পন্ন করা হয়। এই ম্যাট সরাসরি স্বতঃ-বিজারণের জন্য বিসিমার চুল্লী বা রিভারবারেটরী চুল্লীর হার্থে অর্থাৎ গহ্বরে ঢালিয়া লওয়া হয়।

(iv) **স্বতঃ-বিজারণ ক্রিয়া** (Self-reduction) ঃ এই 'ম্যাট' অর্থাৎ কিউপ্রাস সালফাইড (Cu_2S) বাত্যা-প্রবাহের সাহায্যে স্বতঃ-বিজারিত করা হয়। বাত্যা-প্রবাহের ফলে বায়ুর সঙ্গে বিক্রিয়ায় কিউপ্রাস সালফাইড আংশিকভাবে কিউপ্রাস অক্সাইডে পরিণত হয়। এই আংশিক কিউপ্রাস অক্সাইড এবং অবশিষ্ট কিউপ্রাস সালফাইড স্বতঃবিজারণ পদ্ধতিতে কপার ধাতুতে পরিণত হয়। বাহির হইতে কোন বিজারক দ্রব্য সরবরাহ করার প্রয়োজন হয় না বলিয়া এরূপ বিজারণ-ক্রিয়াকে স্বতঃ-বিজারণ পদ্ধতি বলা হয়। বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে :



বিসিমার চুল্লীতে কপার সালফাইডের স্বতঃ-বিজারণ

$$2Cu_2S \text{ (আংশিক)} + 3O_2 = 2Cu_2O + 2SO_2 \uparrow$$

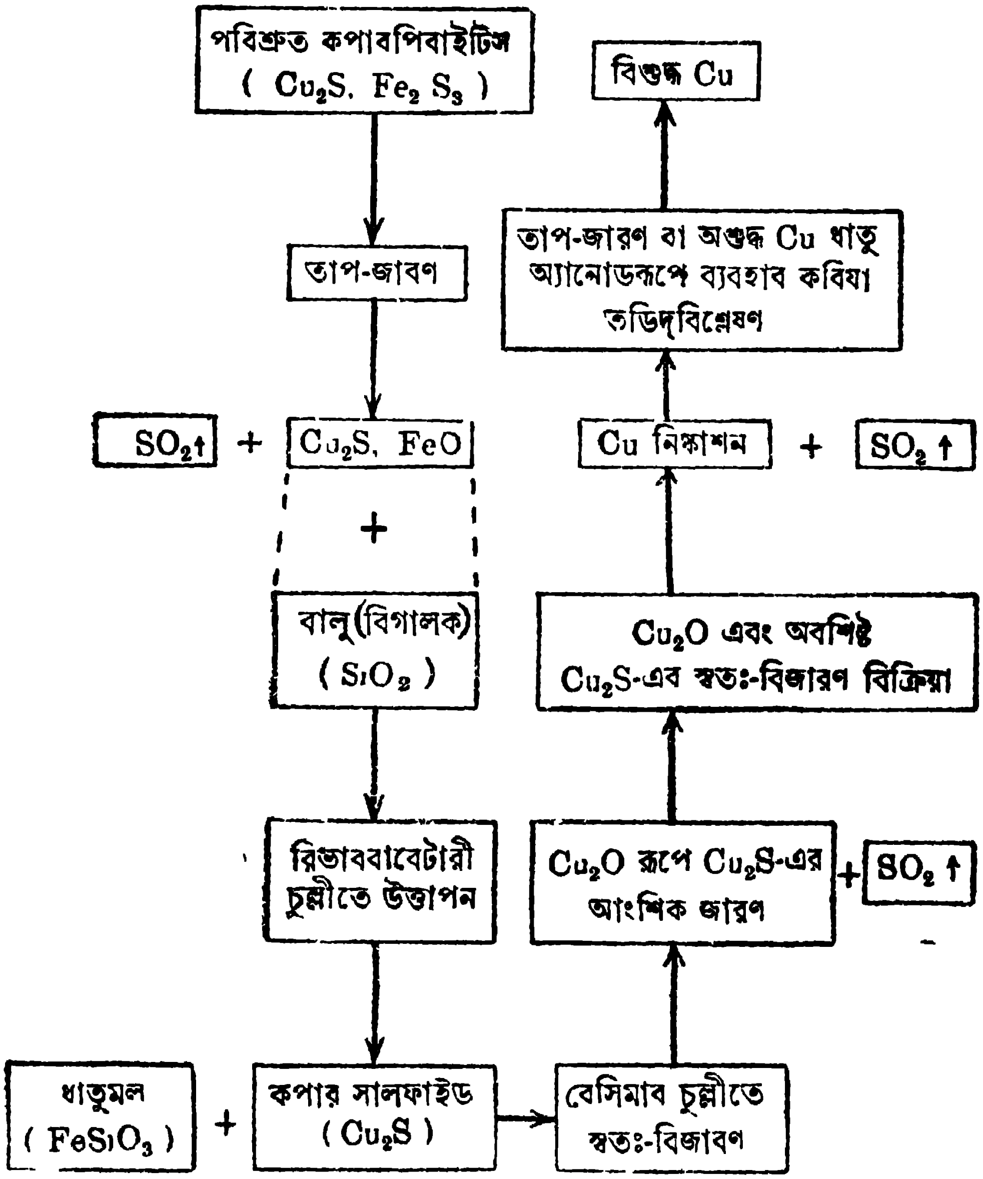
$$Cu_2S \text{ (অবশিষ্ট)} + 2Cu_2O = 6Cu + SO_2 \uparrow$$

এরূপ বিক্রিয়ায় যে সালফার ডাই-অক্সাইড ও অন্যান্য গ্যাস বা উদ্বৃত্ত বায়ু নির্গত হয় তাহা সদ্য উৎপন্ন তরল কপারের ভিতর দিয়া বুদ্‌বুদের আকারে

নির্গত হয় বলিয়া কঠিন ধাতুরূপে জমিবার পরে কপারের উপরে অজস্র বিক্ষত-চিহ্ন দেখা যায়। তাই, এরূপ কপারকে **বিক্ষত তাম্র** (blister-copper) বলা হয়।

কপার নিষ্কাশন

(স্বতঃ-বিজারণ পদ্ধতি)

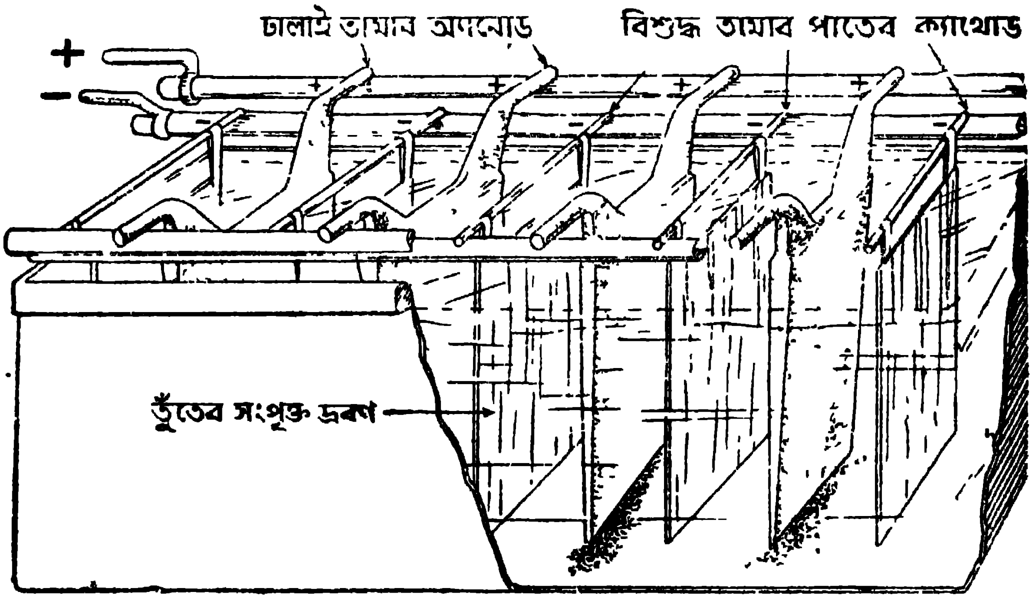

পরিশ্রুত কপারপিরাইটিস (Cu_2S, Fe_2S_3)
তাপ-জারণ
$SO_2\uparrow$
+
Cu_2S, FeO
+
বালু (বিগালক) (SiO_2)
রিভারবারেটরী চুল্লীতে উত্তাপন
ধাতুমল ($FeSiO_3$)
+
কপার সালফাইড (Cu_2S)
বেসিমার চুল্লীতে স্বতঃ-বিজারণ
Cu_2O রূপে Cu_2S-এর আংশিক জারণ
+
$SO_2\uparrow$
Cu_2O এবং অবশিষ্ট Cu_2S-এর স্বতঃ-বিজারণ বিক্রিয়া
Cu নিষ্কাশন
+
$SO_2\uparrow$
তাপ-জারণ বা অশুদ্ধ Cu ধাতু অ্যানোডরূপে ব্যবহার করিয়া তড়িদ্‌বিশ্লেষণ
বিশুদ্ধ Cu

স্বতঃ-বিজারণ ক্রিয়া সম্পন্ন করা হয় রিভারবারেটরী চুল্লীর মূল গহ্বর বা হার্থে এবং এরূপ ক্রিয়ায় বাত্যা-প্রবাহ চালানো হয়। বিকল্প পদ্ধতিতে এরূপ স্বতঃবিজারণ সম্পন্ন করা হয় বিসিমার চুল্লীতে (Bessimer converter), বিসিমার চুল্লীর মধ্যবর্তীস্থলে থাকে একটি বলয়াকার সচ্ছিদ্র বায়ু-নল। এই বলয়-নলের মাধ্যমে বাত্যাপ্রবাহ চালানো হয়।

[কিন্তু ইস্পাত প্রস্তুতিতে বাত্যা-প্রবাহ চালানো হয় বিসিমার চুল্লীর তলদেশ হইতে।] স্বতঃ-বিজারণ সম্পূর্ণ হইলে বিসিমার চুল্লী কাৎ করিয়া অপবিশুদ্ধ কপার সরাসরি পরিশোধন পাত্রে ঢালিয়া লওয়া হয়।

(v) **কপার-পরিশোধন** (Refining or purification): বিক্ষত-তাম্রে প্রায় 2 3% লোহা, সালফার ও আরসেনিক জাতীয় ময়লা বা মল এবং অনেক সময় সামান্য সোনা, রূপা ও প্লাটিনামও থাকে। দুই ভাবে কপার পরিশুদ্ধ করা হয়। যথা:

(ক) **তাপজারণ পদ্ধতি** (Roasting): ব্লিস্টার কপার বা বিক্ষত-কপার রিভারবারেটরী চুল্লীতে ঢালিয়া তাহার মধ্যে বাত্যা-প্রবাহ চালানো হয়। এইরূপ উচ্চ তাপের প্রক্রিয়ায় সালফার-মল সালফার ডাই-অক্সাইডরূপে নির্গত হইয়া যায়। চুল্লীর সিলিকা লাইনিংয়ের সঙ্গে অশুদ্ধ কপারের আয়রন বা লোহার অক্সাইড বিক্রিয়া ঘটাইয়া ধাতুমলরূপে ভাসিয়া ওঠে এবং ইহা অপসারিত করা হয়। এরূপ বিক্রিয়ায় স্বল্প পরিমাণে কপার-ধাতু কপার-অক্সাইডে পরিণত হয়। কপার ধাতুর মধ্যে কপার অক্সাইডের অস্তিত্ব ধাতুকে ভঙ্গুর করিয়া দেয়। তাই, শেষ পর্যায়ে তরল কপার-ধাতু **কাঁচা কাঠের দণ্ড** (poles of green wood) দ্বারা নাড়িয়া দেওয়া হয় এবং সেই সঙ্গে বিচূর্ণ অ্যানথ্রেসাইট কয়লা বা **কোক চূর্ণ** (C) তরল ধাতুর উপরে ছড়াইয়া দেওয়া হয়। এই কার্বন এবং কাঁচা-কাঠ হইতে নির্গত বিজারক গ্যাস (reducing



তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে তামার পরিশোধন

gas) কপাব অক্সাইডকে কপাব-ধাতুতে পরিণত কবে। এরূপ বিক্রিয়ার শেষে 99·5% বিশুদ্ধ কপার পাওয়া যায়।

(খ) **তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতি** (Electrolytic Process) : অনেকক্ষেত্রে তডিদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতিতেও বিশেষ পরিশুদ্ধ কপার প্রস্তুত করা হয়। এরূপ প্রক্রিয়ায় অশুদ্ধ কপার অ্যানোড দণ্ডরূপে ও একটি বিশুদ্ধ কপার-পাত ক্যাথোড রূপে এবং দ্রবণরূপে সালফিউবিক অ্যাসিড মিশ্রিত কপার সালফেট (20% $CuSO_4$) ব্যবহার কবিয়া তডিদ্‌বিশ্লেষণ করা হয়। অশুদ্ধ কপাব অ্যানোড দণ্ড হইতে কপার আয়নরূপে সালফেট দ্রবণেব মধ্যে দ্রবীভূত হয় এবং দ্রবণ হইতে কপাব আয়ন বিশুদ্ধ কপাবরূপে ক্যাথোড দণ্ডে সঞ্চিত হয়। লোহা কপাব সালফেট দ্রবণে ফেবাস সালফেট রূপে ($FeSO_4$) দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং কপাবেব সঙ্গে মিশ্রিত সোনা, রূপা ও প্লাটিনাম দ্রবণের তলায় থিতাইয়া পড়ে। এরূপ পবিশুদ্ধ কপাব বিদ্যুৎ-শিল্পে ব্যবহাব কবা হয়। এই কপার 99·99 % বিশুদ্ধ। তডিৎ-বিশ্লেষণ :

তডিৎ বিযোজন : $CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{++} + SO_4^{=}$

ক্যাথোড বিক্রিয়া : $Cu^{++} + 2e \rightarrow Cu$ (বিশুদ্ধ)

অ্যানোড বিক্রিয়া : $Cu - 2e \rightarrow Cu^{++}$ (অশুদ্ধ কপাবেব আয়নে রূপান্তর)

$Cu^{++} + SO_4^{=} \rightleftharpoons CuSO_4$ (দ্রবণেব ঘনত্ব সংরক্ষণ)

3. সিক্ত পদ্ধতিতে কপার নিষ্কাশন

সিক্ত পদ্ধতিতে কপাব পিবাইটিস প্রথমে উন্মুক্ত বায়ু ও বৃষ্টিব মধ্যে স্তূপাকাবে ফেলিয়া বাখা হয়। ইহার ফলে অদ্রবণীয় কপাব ও আয়বন সালফাইড ধীবে ধীবে জাবিত হইয়া দ্রবণীয় কপাব সালফেট ও আয়রন সালফেটে পবিণত হয়। যথা :

$$CuS + 2O_2 = CuSO_4$$

$$2FeS_2 + 7O_2 + 2H_2O = 2FeSO_4 + 2H_2SO_4$$

(ii) অনেক ক্ষেত্রে পিবাইটিস স্তূপে ফেবাস সালফেট দ্রবণ ঢালিয়াও কপার সালফেট তৈরী করা হয়।

(iii) এই কপার ও আয়রন সালফেট জলে দ্রবীভূত করিয়া ইহাব মধ্যে ফালতু লোহা বা স্ক্র্যাপ আয়রন (scrape iron) ফেলিয়া দেওয়া হয়। তার ফলে দ্রবণেব তলায় কপাব অধঃক্ষিপ্ত হয়। যথা :

$$CuSO_4 + Fe = Cu\downarrow + FeSO_4$$

(iv) কোন কোন ক্ষেত্রে লবণ (NaCl) ও ফেরাস সালফেট দ্রবণ পিরাইটিস স্তূপে ঢালিয়া অথবা শুষ্ক অবস্থায় একত্র দগ্ধ করিয়া কিউপ্রিক ক্লোরাইড ($CuCl_2$) তৈরী করা হয়। এই কিউপ্রিক ক্লোরাইড দ্রবণে ফালতু আয়রন ফেলিয়া কপার ধাতু অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। যথা :

$$2CuCl_2 + 2Fe = 3Cu\downarrow + 2FeCl_3$$

(v) কপার তড়িৎ-রাসায়নিক তালিকায় নিম্নতর স্থানে অবস্থিত বলিয়া আয়রন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।

কপারের ধর্ম

ভৌত ধর্ম (Physical properties) : (i) কপার লাল বর্ণের একটি ধাতব-মৌল। (ii) গলিত কপার ধীরে ধীরে শীতল করিয়া যে কপার তৈরী করা হয় তাহা ভঙ্গুর, কিন্তু দ্রুত শীতল করিয়া যে-কপার পাওয়া যায় তাহা নমনীয় ও প্রসারণশীল। এই কপারে অতি সূক্ষ্ম তার ও পাত তৈরী করা হয়। (iii) রূপার পরেই কপার সর্বোত্তম তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবাহী ধাতু। (iv) কপারের ঘনত্ব 8.85 এবং গলনাংক 1083°C, স্ফুটনাংক 2310°C, ইহা শূন্য পরিবেশে বাষ্পে পরিণত করা যায়। (v) কপার, টিন, জিংক, অ্যালুমিনিয়াম, নিকেল ও অন্যান্য ধাতুর সঙ্গে ধাতু-সংকর গঠন করে।

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) : (i) **বায়ুর ক্রিয়া** (Action of air) : কপারের উপরে অনার্দ্র ও হাইড্রোজেন সালফাইড-মুক্ত বায়ুর কোন বিক্রিয়া নাই। আর্দ্র বায়ুতে কপার প্রথমে কপার অক্সাইড বা শিল্পাঞ্চলে সালফাইডে পরিণত হয় এবং শেষ পর্যন্ত ইহা ক্ষারকীয় কপার সালফেটে [$CuSO_4,3Cu(OH)_2$] পরিণত হয়। অনেক ক্ষেত্রে ইহারা ক্ষারকীয় ক্লোরাইড যৌগেও পরিণত হয় [$CuCl_2,3Cu(OH)_2$]। বায়ুর সংস্পর্শে শেষ পর্যায়ে ধাতব কপার কার্বনেট যৌগে পরিণত হয় বলিয়া পূর্বে যে ধারণা ছিল তাহা ঠিক নয়। অক্সিজেনের সঙ্গে তপ্ত কপারের বিক্রিয়ায় কিউপ্রিক অক্সাইড তৈরী হয়। $2Cu + O_2 = 2CuO$

(ii) **ক্লোরিন ও সালফার বাষ্পের ক্রিয়া** (Action of chlorine and sulphur vapour) : তপ্ত কপার পাউডার ক্লোরিন গ্যাস ও বাষ্পীয় সালফারের মধ্যে প্রদীপ্ত শিখায় জ্বলিয়া উঠে এবং ক্লোরাইড ও সালফাইড গঠন করে। যথা :

$$Cu + Cl_2 = CuCl_2 ;\ 2Cu + S = Cu_2S$$

(ii) **জলের ক্রিয়া** (Action of water) : সাধারণত কপারের সঙ্গে জলের কোন বিক্রিয়া ঘটে না। অতি তপ্ত কপার জলীয় বাষ্পের সঙ্গে অথবা জিংক-কপার কাপল দ্বারা স্বল্প বিক্রিয়া ঘটাইয়া অক্সাইড গঠন করে। যথা :

$$Cu+H_2O=CuO+H_2$$

(iv) **অ্যাসিডের ক্রিয়া** (Action of acid): কপার তড়িৎ-রাসায়নিক তালিকায় হাইড্রোজেনের চেয়ে নিচে অবস্থিত বলিয়া অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ার স্বাভাবিক অবস্থায় কপার হাইড্রোজেন উৎপাদনে অক্ষম। শীতল হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও সালফিউরিক অ্যাসিড কপারের উপরে কোন বিক্রিয়া ঘটাইতে পারে না। কপারের সঙ্গে সালফিউরিক অ্যাসিড, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বায়ুর উপস্থিতিতে ধীরে ধীরে বিক্রিয়া ঘটায়। যথা :

$$2Cu+O_2+4HCl=2CuCl_2+2H_2O$$

$$2Cu+O_2+2H_2SO_4=2CuSO_4+2H_2O$$

তপ্ত অবস্থায় সালফিউরিক অ্যাসিড ও কপারের বিক্রিয়ায় কপার সালফেট ও সালফার ডাই-অক্সাইড তৈরী হয়। যথা :

$$Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+2H_2O+SO_2\uparrow$$

আংশিকভাবে কিউপ্রাস সালফাইডও তৈরী হয়। যথা :

$$5Cu+4H_2SO_4=Cu_2S+3CuSO_4+4H_2O$$

ঘন, লঘু, শীতল বা তপ্ত,—সমস্ত রকম নাইট্রিক অ্যাসিড কপারের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইতে সক্ষম। এরূপ বিক্রিয়ায় কপার নাইট্রেট ও নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড তৈরী হয়। যথা :

$$3CS+8HNO_3\ (\text{লঘু})=3Cu(NO_3)_2+4H_2O+2NO\uparrow$$

$$Cu+4HNO_3\ (\text{ঘন})=Cu(NO_3)_2+2H_2O+3NO_2\uparrow$$

[অন্যান্য বিক্রিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডের অধ্যায়ে দ্রষ্টব্য]

অন্য ধাতু দ্বারা কপার প্রতিস্থাপন (Displacement of copper by other metals) : তড়িৎ-রাসায়নিক সারিতে কপারের স্থান অতি নিম্নে বলিয়া কপার-লবণের দ্রবণ হইতে উচ্চতর ইলেকট্রো-পজেটিভ ধাতু আয়রন ও জিংক ইত্যাদি দ্বারা কপার প্রতিস্থাপিত করা যায় কিন্তু কপার তড়িৎ-রাসায়নিক সারির উচ্চস্থানের ইলেকট্রো-পজেটিভ ধাতু প্রতিস্থাপিত করিতে পারে না। যথা :

$$Zn + CuSO_4 = Cu \downarrow + ZnSO_4$$
$$Fe + CuSO_4 = Cu \downarrow + FeSO_4$$
$$2Al + 3CuSO_4 = 3Cu \downarrow + Al_2(SO_4)_3$$

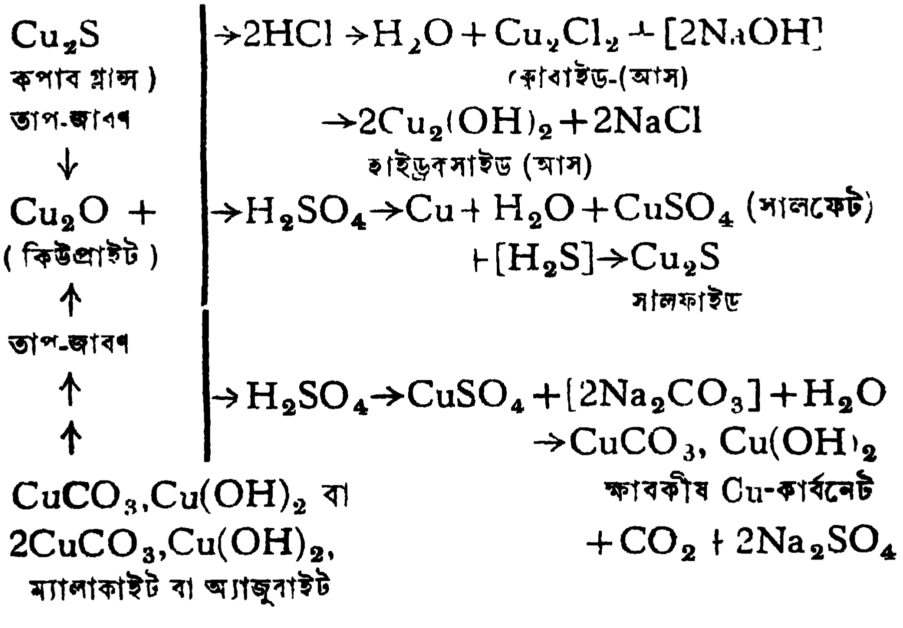
কপারের যৌগসমূহ

কপারের যোজ্যতা এক ও দুই বলিয়া ইহা দুই শ্রেণীর যৌগ গঠন করে। যথা :

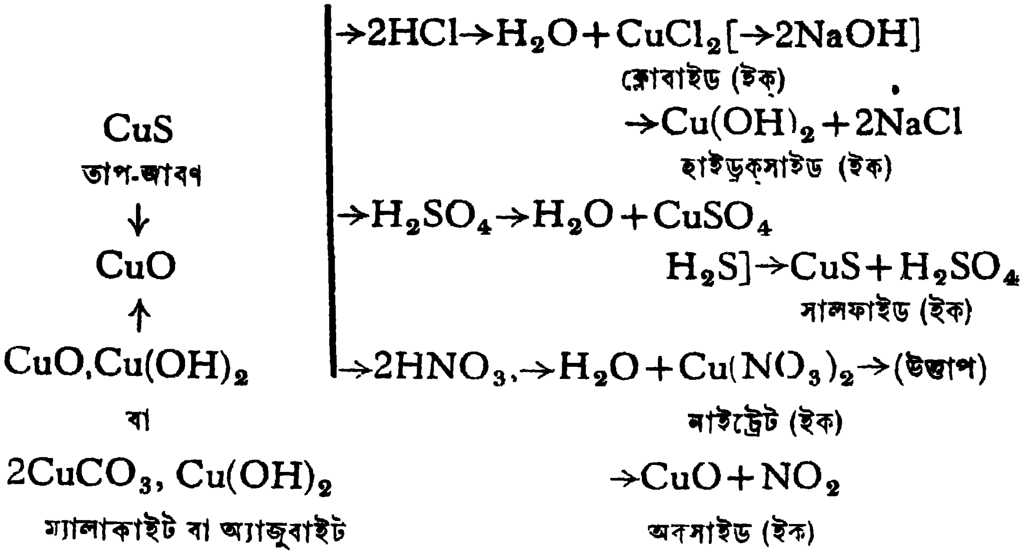
(i) **অক্সাইড**	লাল কিউপ্রাস অক্সাইড—Cu_2O কালো কিউপ্রিক অকসাইড—CuO
(ii) **হাইড্রক্সাইড**	কিউপ্রাস হাইড্রকসাইড —$Cu_2(OH)_2$ কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইড —$Cu(OH)_2$
(iii) **সালফাইড**	কালো কিউপ্রাস সালফাইড—Cu_2S কালো কিউপ্রিক সালফাইড—CuS
(iv) **ক্লোরাইড**	সাদা কিউপ্রাস ক্লোরাইড—Cu_2Cl_2 সবুজ কিউপ্রিক ক্লোরাইড—$CuCl_2,2H_2O$
(v) **সালফেট**	শুধু একরকম নীল বর্ণের কিউপ্রিক বা কপার সালফেট গঠিত হয়—$CuSO_4,5H_2O$
(vi) **নাইট্রেট**	শুধু নীল বর্ণের কিউপ্রিক নাইট্রেট গঠিত হয় —$Cu(NO_3)_2, 3H_2O$
(vii) **কার্বনেট**	কপার কার্বনেট পাওয়া যায় না, শুধু নীল বর্ণের ক্ষারকীয় কার্বনেট তৈরী হয়— —$CuCO_3, Cu(OH)_2$

প্রাকৃতিক যৌগ হইতে অন্যান্য যৌগ প্রস্তুতি

(i) কিউপ্রাস যৌগ (Cuprous Compound)


Cu_2S
(কপার গ্লান্স)
তাপ-জারণ
Cu_2O +
(কিউপ্রাইট)
তাপ-জারণ
$CuCO_3,Cu(OH)_2$ বা
$2CuCO_3,Cu(OH)_2$,
ম্যালাকাইট বা অ্যাজুরাইট
$\rightarrow 2HCl \rightarrow H_2O + Cu_2Cl_2 + [2NaOH]$
ক্লোরাইড-(আস)
$\rightarrow 2Cu_2(OH)_2 + 2NaCl$
হাইড্রক্সাইড (আস)
$\rightarrow H_2SO_4 \rightarrow Cu + H_2O + CuSO_4$ (সালফেট)
$+ [H_2S] \rightarrow Cu_2S$
সালফাইড
$\rightarrow H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + [2Na_2CO_3] + H_2O$
$\rightarrow CuCO_3, Cu(OH)_2$
ক্ষারকীয় Cu-কার্বনেট
$+ CO_2 + 2Na_2SO_4$

(ii) কিউপ্রিক যৌগ (Cupric Compound)



$\rightarrow 2HCl \rightarrow H_2O + CuCl_2 [\rightarrow 2NaOH]$
ক্লোরাইড (ইক্)
$\rightarrow Cu(OH)_2 + 2NaCl$
হাইড্রক্সাইড (ইক)
$\rightarrow H_2SO_4 \rightarrow H_2O + CuSO_4$
$H_2S] \rightarrow CuS + H_2SO_4$
সালফাইড (ইক)
$\rightarrow 2HNO_3 \rightarrow H_2O + Cu(NO_3)_2 \rightarrow$ (উত্তাপ)
নাইট্রেট (ইক)
$\rightarrow CuO + NO_2$
অক্সাইড (ইক)
CuS
তাপ-জারণ
CuO
$CuO.Cu(OH)_2$
বা
$2CuCO_3, Cu(OH)_2$
ম্যালাকাইট বা অ্যাজুরাইট

কপার সালফেট ও নাইট্রেট শুধু একটি করিয়া কিউপ্রিক তথা দুই যোজ্যতার যৌগ গঠন করে।

কপার সালফেট বা নীল ভিট্রিয়ল বা তুঁতে

(Copper Sulphate or Blue vetriol)

কপার সালফেট কপারের প্রধান যৌগ। এই যৌগটি প্রাচীনকাল হইতে ব্যবহৃত হইতেছে। কপার সালফেট (নীল ভিট্রিয়ল) আমাদের দেশে তুঁতে নামে পরিচিত। এই ভিট্রিয়ল হইতে সালফিউরিক অ্যাসিড তৈরী করা হইত বলিয়া পূর্বে সালফিউরিক অ্যাসিডকে ভিট্রিয়লের তেল বলা হইত।

কপারের অক্সাইড, হাইড্রক্সাইড বা কার্বনেট ইত্যাদি যৌগ সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া কপার সালফেট তৈরী করা যায়। যথা :

$$CuCO_3 + H_2SO_4 = CuSO_4 + CO_2 + H_2O$$

$$CuO + H_2SO_4 = CuSO_4 + H_2O$$

$$Cu(OH)_2 + H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O$$

বৃহদায়তনে কপার সালফেট তৈরী করা হয় কয়েকভাবে :

(i) পরিত্যক্ত তামার কুচি স্তূপাকারে বায়ুতে ফেলিয়া রাখিয়া সেই স্তূপের উপরে ধীরে ধীরে তরল সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালা হয় এবং এরূপ তামার স্তূপ অনেক দিন জলবায়ুতে রাখিয়া দেওয়া হয়। ইহার ফলে বায়ুর সংস্পর্শে অ্যাসিড তামার উপরে বিক্রিয়া ঘটাইয়া কপার সালফেট তৈরী করে। যথা :

$$2Cu+2H_2SO_4+O_2=2CuSO_4+2H_2O$$

(iii) পরিত্যক্ত কপার উত্তপ্ত করিয়া তার মধ্যে সালফার নিক্ষেপ করা হয় এবং উত্তপ্ত কপার সালফাইডের মধ্যে বায়ু প্রবাহিত করিয়া অর্থাৎ সালফাইডকে জারিত করিয়া কপার সালফেট তৈরী করা হয়। যথা :

$$Cu+S=CuS\ ,\ CuS+2O_2=CuSO_4$$

(ii) কপার পিরাইটিস ($2CuFeS_2$) নিয়ন্ত্রিতভাবে জারিত করিয়া আয়রন সালফাইডকে আয়রন অকসাইডে এবং কপার সালফাইডকে কপার সালফেটে পরিণত করা হয়। যথা :

$$CuFeS_2 \rightarrow CuSO_4+FeO+SO_2\ [\text{বায়ু}]$$

বিক্রিয়ার পরে ইহা জলের সঙ্গে মিশ্রিত করিলে শুধু কপার সালফেট দ্রবীভূত হয় এবং আয়রন অক্সাইড অদ্রবীভূত থাকে।

স্ফটিকাকার সালফেট (Sulphate crystal) : যে-কোন ভাবেই কপার সালফেট তৈরী করা হউক না কেন ইহা জলে দ্রবীভূত করিয়া ছাঁকিয়া লওয়া হয় এবং ইহার দ্রবণ ঘনীভূত করিয়া নীল কপার সালফেটের স্ফটিক ($CuSO_4, 5H_2O$) গঠন করা হয়।

কপার সালফেট স্ফটিকের পাঁচ অণু স্ফটিক জলের মধ্যে চার অণু জল 100°C তাপাংকে বাষ্প হইয়া উড়িয়া যায়। যথা :

$$CuSO_4,5H_2O \rightarrow CuSO_4,H_2O+4H_2O$$

এবং 250°C তাপাংকে কপার সালফেট সম্পূর্ণরূপে নিরুদক সাদা পাউডারে পরিণত হয়। যথা :

$$CuSO_4,H_2O \rightarrow CuSO_4+H_2O$$

কোন আর্দ্র পদার্থের সংস্পর্শে আসিলে সেই পদার্থের জলকণা শুষিয়া লইয়া সাদা কপার সালফেট পাউডার নীল বর্ণ ধারণ করে। এইভাবে

কোন সজল পদার্থের আর্দ্রতা পরীক্ষা করা যায়। 750°C তাপাংকে উত্তপ্ত করিলে কপার সালফেট কপার অক্সাইডে (CuO) পরিণত হয়। যথা :

$$2CuSO_4 = 2CuO + 2SO_2 + O_2$$

ব্যবহার : কপার সালফেট ব্যাপকভাবে ইলেকট্রো-প্লেটিং, ইলেকট্রোটাইপিং, ইলেকট্রিক ব্যাটারী, কপার-বিশোধন ইত্যাদি কাজে এবং রঙ-শিল্পেও প্রচুর পরিমাণে ব্যবহার করা হয়। বীজাণুনাশকরূপে এবং কাঠ-রক্ষার জন্যও ইহা ব্যবহার করা হয়।

পরীক্ষা (Expts) : (i) **একটি** পোরসেলিন পাত্রে কপার অক্সাইড বা কপার কার্বনেট লও এবং তাহার উপরে সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়া উত্তপ্ত কর। পাত্রটি ঠাণ্ডা করিয়া পাত্রের তরলটি পরিস্রুত কর। পরিস্রুত তরল বাষ্পীভূত করিয়া স্ফটিকে পরিণত কর। এই স্ফটিক নীল বর্ণের কপার সালফেট ($CuSO_4, 5H_2O$)।

কপারের যোজ্যতা দুই প্রকার হওয়া সত্ত্বেও একমাত্র কিউপ্রিক সালফেট যৌগই তৈরী করা যায়, কিউপ্রাস সালফেট তৈরী করা যায় না। এই যৌগ কপার সালফেট নামেও পরিচিত।

(ii) **একটি** শক্ত পরীক্ষা-নলে অল্প পরিমাণে চূর্ণ কপার সালফেট লও এবং বুনসেন দীপের তাপে উত্তপ্ত করিয়া সাদা পাউডারে পরিণত কর। পরীক্ষা-নলটি ঠাণ্ডা করিয়া তাহার মধ্যে দু'এক ফোঁটা জল ফেল। সাদা পাউডার আবার নীল বর্ণ ধারণ করিবে।

(iii) **একটি** বীকারে ঘন কপার সালফেট দ্রবণ লও এবং তাহার মধ্যে একটি ছুরির পাত ডুবাও। ছুরির পাতে তামার সর পড়িবে।

(iv) **একটি** পরীক্ষা-নলে কপার সালফেট দ্রবণ লও এবং তাহার মধ্যে কস্টিক সোডা দ্রবণ ঢাল। নীলাভ সাদা অধঃক্ষেপ পড়িবে। ইহা উত্তপ্ত করিলে পরে কালো হইয়া যাইবে। অধঃক্ষেপ : $Cu(OH)_2$

(v) **একটি** পরীক্ষা-নলে কপার সালফেট দ্রবণ লও এবং তাহার মধ্যে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড মিশাও। প্রথমে নীলাভ অধঃক্ষেপ পড়িবে। আরও অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH) মিশাও, অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হইয়া গাঢ় নীল বর্ণের দ্রবণ তৈরী হইবে। এইরূপ পরীক্ষা দ্বারা কপার সনাক্ত করা যায়।

[এরূপ বিক্রিয়ার সমীকরণ আগেই দেওয়া হইয়াছে]

(iv) **কপার সনাক্তকরণ** (Test or Identification) : সোডিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে কপারের কোন যৌগ মিশাইয়া অঙ্গার-পিণ্ডের গর্তের মধ্যে

রাখিয়া ফুৎ-নলের সাহায্যে বুনসেন দীপের বিজারক প্রদীপ্ত শিখায় উত্তপ্ত করিলে অঙ্গার-পিণ্ডে কিউপ্রাস অক্সাইডের (Cu_2O) লাল আস্তরণ পড়ে। এই লাল আস্তরণে কয়েক ফোঁটা নাইট্রিক অ্যাসিড ফেলিলে বাদামী নাইট্রোজেন পারক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়।

(ii) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড-সিক্ত প্ল্যাটিনাম-তারের মুখে লাগাইয়া যে কোন কপার যৌগ বুনসেন দীপের অদীপ্ত শিখায় ধরিলে নীলাভ-সবুজ শিখা সৃষ্টি হয়।

(iii) কপার সালফেট দ্রবণে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড মিশাইলে নীলাভ সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। আরও অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড ঢালিলে অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং দ্রবণ ঘন নীল বর্ণে পরিণত হয়।

(vi) কপার সালফেটের দ্রবণে সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করিলে কালো কপার সালফাইড (CuS) অধঃক্ষেপ পড়ে। এই অধঃক্ষেপ নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় এবং এরূপ দ্রবণের বর্ণ নীল।

[সমীকরণ আগেই দেওয়া হইয়াছে।]

কপারের বৈশিষ্ট্য

1. কপারের যোজ্যতা 1, 2, সুতরাং কপার 'আস' ও 'ইক্' এরূপ বিভিন্ন দুই শ্রেণীর যৌগ গঠন করে। কিন্তু **সালফেট ও নাইট্রেট যৌগ এক রকম**। যথা: $CuSO_4$ এবং $Cu(NO_3)_2$

প্রকৃতিতে কপারের মিশ্র সালফাইড পাওয়া যায়। যথা:

$$Cu_2S,Fe_2S_3\ ,\ Cu_2S,CuS,FeS$$

3. কপারের প্রাকৃতিক কার্বনেট ক্ষারকীয় (basic); যথা:

$$CuCO_3,Cu(OH)_2$$

4. কপার নিষ্কাশন করা হয় স্বতঃবিজারণ পদ্ধতিতে।

5. তপ্ত কপার সালফার ও ক্লোরিনের সংস্পর্শে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া উঠিয়া সালফাইড ও ক্লোরাইড যৌগ গঠন করে।

6. কপারের ক্লোরাইড, সালফেট, নাইট্রেট ও কার্বনেট যৌগ বর্ণে নীল। ইহাদের বর্ণ স্ফটিক জলের উপর নির্ভর করে। স্ফটিক-জলমুক্ত অনার্দ্র কপার যৌগ বর্ণে সাদা।

7. কপার যৌগ অ্যামোনিয়ার সঙ্গে জটিল যৌগ গঠন করে। যথা :
$CuSO_4, 6NH_3$, $CuSO_4, 2NH_3$, $CuCl_2, 6NH_3$;
$CuCl_2, 2NH_3$, $CuCl_2, 4NH_3$, $CuCl_2, 10NH_3$ ইত্যাদি।

8. জিংক ইত্যাদি উচ্চতর ইলেকট্রো-পজেটিভ ধাতু দ্বারা কপার-যৌগ হইতে সহজেই কপার প্রতিস্থাপিত হয়।

9. কপারের অনেক রকম ধাতু-সংকর গঠন করা যায়।

কপারের ব্যবহার (Uses of copper) : (i) কপার টেলিগ্রাফ ও টেলিফোনের তার, বিদ্যুৎ পরিবহণের তার ও অন্যান্য তড়িৎ-শিল্পে ব্যবহৃত হয়। প্রতি বৎসর প্রায় 1,400,000 টন কপার নিষ্কাশিত করা হয়। ইহার মধ্যে 1,000,000 টন কপার তড়িৎ-শিল্পে ব্যবহৃত হয়। (ii) ইলেকট্রো-প্লেটিং ও ইলেকট্রো-টাইপিং শিল্পে এবং ডায়নামো, মোটর ও অন্যান্য ইলেকট্রিক যন্ত্র, কেটলী, টিউব ও অন্যান্য যন্ত্রপাতি নির্মাণে এবং ধাতু-সংকর উৎপাদনে কপার ব্যবহার করা হয়। (iii) বাসনপত্ররূপে ব্যবহৃত কপার-পাত্র সর্বদা ভাল করিয়া ধুইয়া ব্যবহার করা প্রয়োজন। এরূপ পাত্রের গায়ে বায়ুর সংস্পর্শে সঞ্চিত ময়লা বিষক্রিয়া করিতে পারে। (iv) তড়িদ্দ্বাররূপে কপার সালফেট প্রস্তুতি এবং ধাতু-সংকর নির্মাণেও ইহা ব্যবহৃত হয়।

কপারের কয়েকটি ধাতু-সংকর

	নাম	উৎপাদন ও অনুপাত	ব্যবহার
1	পিতল	Cu : Zn : : 70 : 30	বাসনপত্র ও মূর্তি
2.	ব্রোঞ্জ	Cu : Sn : : 90 : 10	বাসনপত্র ও মূর্তি
3	জার্মান সিলভার	Cu : Zn : Ni : : 50 : 30 : 20	বাসনপত্র ও চারুশিল্প
4	অ্যালুমিনিয়াম ব্রোঞ্জ	Cu : Al : : 90 : 10	স্থাপত্য, ফটোর ফ্রেম, মুদ্রা এবং পেইন্ট
5.	বেল মেটাল	Cu : Sn : : 80 : 20	বাসনপত্র প্রভৃতি

Questions to be discussed

1. What are the principal ores of copper ? How is copper extracted .from its sulphide ore? State the principle of its extraction. What are its uses ?

2 What do you understand by self-reduction process ? How this process is used in extracting copper from copper glance ? State the principle only.

3. How can copper sulphate be prepared commercially ? What happens when copper sulphate is heated ? What are the important alloys of copper ? What happens when an iron knife is dipped into a solution of copper sulphate ? Give equations

4. What are the valancies of copper ? Write the formula of oxide, hydroxide, carbonate, nitrate and sulphate of copper ? How would you prepare these compounds from a natural ore ? Give reactions only. What happens when caustic soda solution is added to copper sulphate solution ?

5. What is blue vetriol ? Describe in outline the method of its preparation and uses. Describe an experiment to prove that blue vetriol contains copper ?

6. Starting with malakite how would you prepare copper sulphate, cupric oxide, cupric hydroxide and cupric sulphate ? How would you prepare copper sulphate from copper glance ?

7. What happens when :

(i) an alluminium foil is dipped into $CuSO_4$ sol. (ii) heated copper foil is treated with chlorine (ii) boiling sulphur is thrown over a copper foil (iv) nitric acid dropped over copper foil (v) silver foil is dipped into copper sulphate solution, and (vi) ammonia is added to copper sulphate solution ? Give equations where necessary.

8. How would you purify copper ? How would you use copper plate as utensils ? What is copper-plating ? How is copper used ?

9. What is the main difficulty in extracting copper from copper glance. How is this difficulty removed ? What are coarse metal and fine metal ? Give three examples of the alloys of copper.

10. Give in outlines the chemistry of the extraction,of copper from copper pyrites. What are the uses of copper ? How would you identify copper. Give two tests only.

11. Describe the reactions involved in the different stages of extraction of copper from copper pyrities. How is the metal refined ? State two of the principal uses of the metal.
[*H. S. Exam. 1960*]

12. How is copper extracted from copper pyrites ? Give equation for chemical reactions involved. How is chemically pure copper obtained ? What happens when copper is treated with moderately dilute nitric acid ? [*H. S. (comp.) 1961*]

13. Describe how copper is prepared from copper pyrites. State its properties and uses. How is the metal refined ?
[*H. S. Exam., 1963*]

14. How does chlorine react with the metals sodium, copper and iron ? Give equations. How would you convert the compounds to the respective metals again ?

15. (*a*) Under what condition is a metal displaced from a solution of its salt by another metal ? Give two example. (*b*) What is plaster of paris ? How is it prepared ; state its property and uses. (*c*) starting from copper pyrites how would you prepare crystalline copper sulphate ? How is it made from ferrous sulphate ? What happens when crytalline copper is strongly heated to redness ? [*H. S. (comp.) 1964*]

16. How is copper extracted from copper pyrites ? Give equations for the chemical reactions which takes place in the process. What happens when metallic copper is (*a*) heated with moderately dilute nitric acid and (*b*) boiled with conc. H_2SO_4 ? Give equations. [*H. S. 1965*]

17. What happens when a knife blade is put into a solution of copper sulphate ? Give the reasons for the reactions which occur. [*H. S. (comp.) 1963*]

18. Describe properties and uses of copper sulphate.
[*H. S. (comp.) 1962*]

জিংক বা দস্তা

প্রতীক চিহ্ন—Zn , পারমাণবিক গুরুত্ব—65·4 , যোজ্যতা—2

পরিচয় : বহু প্রাচীনকাল হইতেই পিতল বা 'ব্রাস' রূপে জিংকের ধাতুসংকরের সঙ্গে মানব সভ্যতার পরিচয় ছিল। কিন্তু মৌল ধাতুরূপে জিংকের পরিচয় ষোল শতাব্দীর পূর্বে জানা ছিল না। প্রাচীনকালে চীন ও ইন্দোনেশিয়া হইতে জিংকের যৌগ ইয়োরোপে রপ্তানি করা হইত। সে সময়ে এরূপ যৌগের পরিচয় দেওয়া হইত 'ভারতীয় টিন' নামে। পরে 1721 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী হেনকেল প্রাকৃতিক জিংক কার্বনেট যৌগ ক্যালামাইন হইতে জিংক নিষ্কাশিত করিয়া 'ভারতীয় টিন' নামের ধাতুটিকে 'জিংক' নামে অভিহিত করেন। জিংক ধাতুটি ভারতে দস্তা নামে পরিচিত।

প্রাকৃতিক আকরিক (Natural ores)

(i) **অক্সাইড :** জিংকাইট (Zincite) বা লাল জিংক—ZnO
ফ্রাংকলিনাইট (Franklinite) ZnO, Fe_2O_3

(ii) **কার্বনেট :** ক্যালামাইন (Calamine)—$ZnCO_3$

(iii) **সালফাইড :** জিংক ব্লেণ্ড (Zinc blende)—ZnS

(iv) **সিলিকেট :** উইলেমাইট (Willemite)—2ZnO, SiO_2

বিহার, উত্তর প্রদেশ, কাশ্মীর, পাঞ্জাব, রাজস্থান ও মাদ্রাজে স্বল্প পরিমাণে জিংক ব্লেণ্ড পাওয়া যায়।

কার্বন-বিজারণ পদ্ধতিতে জিংক নিষ্কাশন
(Zinc-extraction by Carbon-reduction process)

জিংক প্রধানত নিষ্কাশন করা হয় জিংক ব্লেণ্ড বা সালফাইড (ZnS) যৌগ হইতে। নিষ্কাশন পদ্ধতির বিভিন্ন পর্যায় মূলত এইরূপ :

(ক) প্রথমত, জিংক ব্লেণ্ড (ZnS) উচ্চতাপে বায়ুর সংস্পর্শে তাপ-জারিত (roasting) করিয়া জিংক-অক্সাইডে (ZnO) পরিণত করা হয়। যথা :

$$2ZnS+3O_2=2ZnO+2SO_2\uparrow$$

(খ) দ্বিতীয়ত, এই জিংক-অক্সাইড কার্বন দ্বারা বিজারিত করিয়া জিংক ধাতুতে পরিণত করা হয়। যথা :

$$ZnO+C=Zn+CO\uparrow$$

জিংক-নিষ্কাশন পদ্ধতির বিভিন্ন পর্যায়ের সাধারণ বর্ণনা অনুরূপ :

(i) **আকরিক চূর্ণন, বিধৌতকরণ ও গাঢ়ীকরণ** (Grinding, washing and concentration of ores) : প্রথমে জিংক ব্লেণ্ড চূর্ণ করা হয় এবং এই চূর্ণ আকরিক তেল জল মিশ্রণে বিধৌত করিয়া গাঢ় করা হয় অর্থাৎ বাহ্যিক ময়লা দূর করিয়া আকরিকের মধ্যে ধাতুর পরিমাণ বৃদ্ধি কবা হয়। তেল, জল ও আকরিক মিশ্রণকে আলোড়িত করিয়া পাত্রের তলার দিক হইতে মিশ্রণেব মধ্যে বায়ু প্রবাহিত করিলে ফেনাব সঙ্গে ময়লা-মুক্ত আকরিক উপবে ভাসিয়া ওঠে এবং ইহা সচ্ছিদ্র হাতল দ্বাবা সংগ্রহ করা হয়।

(ii) **তাপ-জারণ তথা অক্সাইড প্রস্তুতি** (Roasting or calcination) : এই গাঢ় বা ময়লা মুক্ত আকরিক বিশেষ ধবনের চুল্লীতে উত্তপ্ত করিয়া অক্সাইডরূপে জারিত কবা হয়। এই জারণ-ক্রিয়ার তাপ এরূপভাবে নিয়ন্ত্রিত করা হয় যাহাতে জিংক-সালফাইড (ZnS) অতিরিক্ত পরিমাণে জারিত হইয়া জিংক-সালফেট ($ZnSO_4$) যৌগে পরিণত না হয়। এরূপ জারণ ক্রিয়ায় উষ্ণতা 800°C তাপাংকেব নিচে রাখা হয়। **জিংক সালফাইড** এইভাবে জাবিত করিয়া **জিংক অক্সাইডে** (ZnO) পবিণত করা হয়। যথা :

$$2ZnS+3O_2=2ZnO+2SO_2\uparrow$$

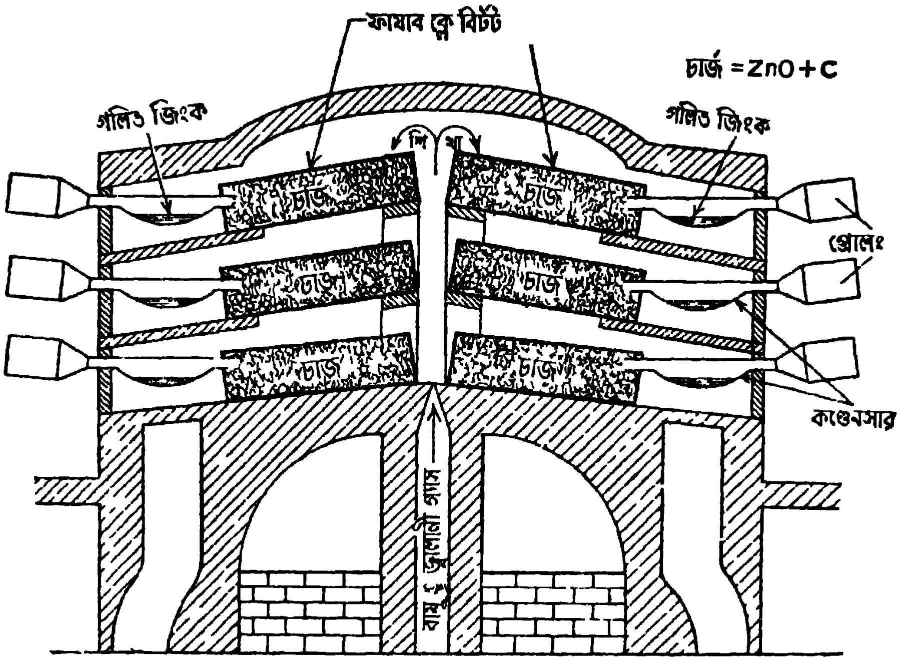
এরূপ বিক্রিয়ায় সামান্য জিংক সালফেট তৈরী হয়। এই জিংক সালফেট উচ্চতর তাপাংকে পুনরায় জিংক অক্সাইডে পবিণত হয়। যথা :

$$ZnS+2O_2=ZnSO_4\ ,\ 2ZnSO_4=2ZnO+2SO_2+O_2$$

ক্যালামাইন অর্থাৎ জিংক কার্বনেট আকরিক ব্যবহার করা হইলে তাপ-জারণ পন্থায় এই কার্বনেট যৌগকেও প্রথমে অক্সাইডে পরিণত করা হয়। যথা :

$$ZnCO_3=ZnO+CO_2\uparrow$$

(iii) **কার্বন-বিজারণ** (Carbon-reduction) : এই জিংক অক্সাইড চূর্ণ করিয়া প্রায় অর্ধেক পরিমাণে কোক বা চারকোল অর্থাৎ কার্বনের সঙ্গে ভালভাবে মিশ্রিত করা হয় এবং এরূপ মিশ্রণ অগ্নিসহা-মৃত্তিকা (fire clay) দ্বারা তৈরী আবদ্ধ মৃৎপাত্র বা রিটর্টে ভরিয়া প্রডিউসার গ্যাস নামের জ্বালানী গ্যাস দ্বারা উত্তপ্ত (তাপাংক 1300°C – 1400°C) করা হয়। এরূপ বিক্রিয়ায় কয়লা বা চারকোলের কার্বন জিংক-অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া ধাতব জিংকে পরিণত করে। এরূপ বিজারণ-ক্রিয়ায় যে কার্বন মনোকসাইড তৈরী হয় তাহাও জিংক অক্সাইডের বিজারণে অংশ গ্রহণ করে। যথা :



কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে জিংক নিষ্কাশন

$$2ZnO + C = Zn + CO_2 \uparrow$$

$$ZnO + CO = Zn + CO_2 \uparrow$$

$$CO_2 + C = 2CO \uparrow$$

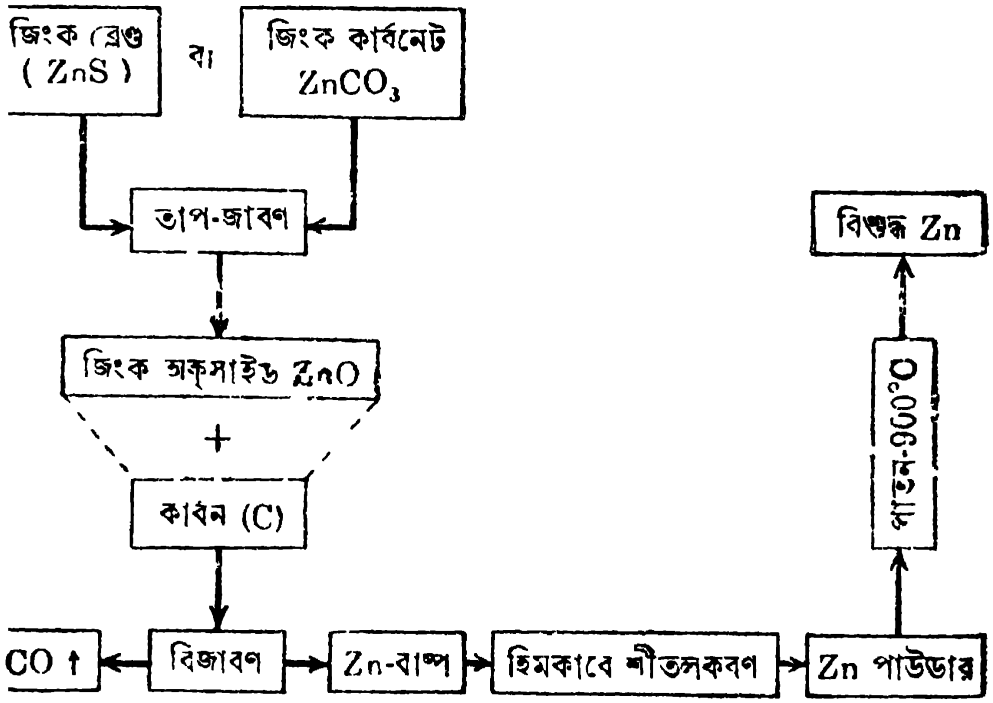
$$ZnO + C = Zn + CO \uparrow$$

(iv) **জিংক-সংগ্রহ :** মৃৎপাত্রের সঙ্গে একটি হিমকার বা কনডেন্সার সংযুক্ত থাকে এবং হিমকারের অপরদিকে সংযুক্ত থাকে একটি গ্রাহক পাত্র। এই গ্রাহক পাত্রের বিশেষ নাম **প্রোলং** (prolong)। গ্যাসের উচ্চতাপে রিটর্টের ভিতরে যে-জিংক নিষ্কাশিত হয় তাহা বাষ্পে পরিণত হইয়া হিমকারের

(condenser) মধ্যে তরল জিংক এবং আংশিকভাবে জিংক পাউডার রূপে জমা হয় এবং প্রোলংয়ের মুখে নীল শিখায় কার্বন মনোকসাইড জ্বলিতে থাকে। এই জিংকের মধ্যে স্বল্প পরিমাণে জিংক অক্সাইডও থাকে। উত্তপ্ত তরল জিংক শীতল করিয়া জিংক দানা বা দণ্ড তৈরী করা হয়। এরূপ জিংককে বলা হয় **স্পেলটার** (spelter)।

(v) **পরিশোধন** (Purification): এই স্পেলটার জিংকের সঙ্গে অ্যালুমিনিয়াম, আয়রন, আরসেনিক ও অন্যান্য ধাতু এবং কিছু জিংক অকসাইড ময়লারূপে মিশ্রিত থাকে। স্পেলটার-জিংক বার কয়েক উচ্চতাপে (900°C-1000°C) পাতিত (distil) করিয়া বিশুদ্ধ জিংক তৈরী করা হয়। জিংকের স্ফুটনাংক প্রায় 900°C.

জিংক নিষ্কাশন



(vi) স্পেলটার-জিংক অ্যানোডরূপে ও বিশুদ্ধ জিংকের পাত ক্যাথোডরূপে এবং জিংক সালফেট ($ZnSO_4-20\%$) ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ দ্রবণরূপে ব্যবহার করিয়া তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতিতেও জিংক বিশেষভাবে পরিশুদ্ধ করা যায়। অশুদ্ধ জিংক অ্যানোড হইতে জিংক আয়নে পরিণত হইয়া জিংক সালফেটের ঘনত্ব অপরিবর্তিত রাখে।

তড়িৎ বিয়োজন : $ZnSO_4 \rightleftharpoons Zn^{++} + SO_4^{=}$
ক্যাথোড বিক্রিয়া : $Zn^{++} + 2e \rightarrow Zn$ (বিশুদ্ধ জিংক)
অ্যানোড বিক্রিয়া : Zn (অশুদ্ধ জিংক) $- 2e \rightarrow Zn^{++}$
পুনঃ সালফেট গঠন : $Zn^{++} + SO_4^{=} \rightleftharpoons ZnSO_4$

জিংকের ধর্ম

ভৌত ধর্ম (Physical properties) : (i) জিংক নীলাভ সাদা ধাতু। (ii) সাধারণ জিংক ভঙ্গুর কিন্তু 120°C – 200°C তাপাংকে ইহা নমনীয়। তাই, এরূপ তাপাংকে জিংকের তার ও পাত তৈরী করা যায়। আবার 200°C তাপাংকের ঊর্ধ্বে জিংক ভঙ্গুর হইয়া ওঠে। (iii) জিংকের ঘনত্ব 6·9, গলনাংক 419°C এবং স্ফুটনাংক 900°C, (iv) জিংক তাপ ও বিদ্যুৎপরিবাহী ও পজেটিভ তড়িদ্‌ধর্মী।

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical properties) : **বায়ুর ক্রিয়া** (Action of air) : বিশুদ্ধ বায়ুতে জিংকের কোন বিক্রিয়া ঘটে না, কিন্তু আর্দ্র বায়ুতে জিংক বিবর্ণ হইয়া যায়। জিংক বায়ুর মধ্যে দগ্ধ করিলে সবুজ আভার সাদা শিখা সৃষ্টি করিয়া ইহা জিংক অক্সাইডে পরিণত হয়। এরূপ জিংক অক্সাইড দেখিতে সাদা এবং ঝুলের আকারে তৈরী হয়। তাই, এরূপ জিংক অক্সাইডকে **দার্শনিকের উল** (Philosopher's wool) বা সাদা জিংক (white zinc) বলা হয়। সিক্ত বায়ু জিংকের উপর ক্ষারকীয় কার্বনেটের একটি আস্তরণ (film) ফেলে। তাই সিক্ত বায়ুতে জিংকের বিক্রিয়া ঘটে খুব ধীরে ধীরে। বিক্রিয়া : $2Zn + O_2 = 2ZnO$

(iii) **জলের ক্রিয়া** (Action of water) : জিংকের উপর শীতল জলের কোন ক্রিয়া নাই। বাণিজ্যিক অপরিস্রুত জিংক অথবা জিংক ও তামার কপার-কপাল্ নামের ধাতু-সংকর জলের স্ফুটনাংকের উষ্ণতায় হাইড্রোজেন ও জিংক অক্সাইড গঠন করে। আংশিকভাবে জিংক হাইড্রোকসাইডও গঠন করে। যথা :

$$Zn + H_2O = ZnO + H_2$$
$$Zn + 2H_2O = Zn(OH)_2 + H_2$$

(iii) **অ্যাসিডের ক্রিয়া** (Action of acid) : বিশুদ্ধ জিংক সালফিউরিক অ্যাসিডে অদ্রবণীয়। কারণ, জিংক ও অ্যাসিডের প্রারম্ভিক বিক্রিয়ায় যে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় সেই হাইড্রোজেন জিংকের উপরে পাতলা পর্দারূপে এক আস্তরণ ফেলিয়া জিংককে অ্যাসিডের সংস্পর্শ হইতে রক্ষা করে। কিন্তু বাণিজ্যিক অবিশুদ্ধ জিংক-দানার সঙ্গে অ্যাসিডের সর্বদা বিক্রিয়া ঘটে। লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিড এবং জিংকের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। যথা :

$$Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2\uparrow;\quad Zn+2HCl=ZnCl_2+H_2\uparrow$$

ঘন ও তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিড ও জিংকের বিক্রিয়ায় সালফার ডাই-অক্সাইড তৈরী হয়। যথা :

$$Zn+2H_2SO_4=ZnSO_4+H_2O+SO_2\uparrow$$

নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে জিংকের বিক্রিয়ায় জিংক নাইট্রেট এবং অন্য কি কি যৌগ গঠিত হয় তাহা নাইট্রিক অ্যাসিডের ঘনত্বের উপর নির্ভর করে। যথা :

$$4Zn+10HNO_3\ (\text{শীতল ও লঘু})=4Zn(NO_3)_2+5H_2O+\underset{\text{নাইট্রাস অক্সাইড}}{N_2O}$$

$$4Zn+10HNO_3(\text{শীতল ও অতি ঘন})=4Zn(NO_3)_2+3H_2O+\underset{\text{অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট}}{NH_4NO_3}$$

$$3Zn+8HNO_3\ (\text{শীতল ও মধ্যম ঘন})=3Zn(NO_3)_2+4H_2O+\underset{\text{নাইট্রিক অক্সাইড}}{NO}$$

$$Zn+4HNO_3\ (\text{উত্তপ্ত ও ঘন})=Zn(NO_3)_2+2H_2O+\underset{\text{নাইট্রোজেন পারক্সাইড}}{3NO_2}$$

(iv) **ক্ষারের ক্রিয়া** (Action of alkali) : জিংকের একটি বৈশিষ্ট্য এই যে ইহা অ্যাসিড ও ক্ষার উভয়ের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া লবণ তৈরী করে। যথা :

$$Zn+2HCl=ZnCl_2+H_2\uparrow$$

$$Zn+2NaOH=H_2\uparrow+Na_2ZnO_2\ (\text{সোডিয়াম-জিংকেট})$$

(v) **ধাতু-প্রতিস্থাপন ক্রিয়া** (Replacement by metal) : তড়িদ্-রাসায়নিক তালিকায় জিংকেব স্থান উচ্চতর বলিয়া সিলভার সীসা ও কপারের দ্রবণীয় যৌগ হইতে জিংক নিম্নরূপ ধাতু প্রতিস্থাপিত করে। যথা :

$$Zn + CuSO_4 = Cu \downarrow + ZnSO_4$$

$$Zn + 2AgNO_3 = 2Ag \downarrow + Zn(NO_3)_2$$

$$Zn + Pb(NO_3)_2 = Pb \downarrow + Zn(NO_3)_2$$

(vi) **ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া :** তপ্ত জিংকেব সঙ্গে ক্লোবিনের বিক্রিয়ায় ক্লোরাইড গঠিত হয়। যথা : $Zn + Cl_2 = ZnCl_2$

(vii) **অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়া :** তপ্ত জিংকের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় জিংক নাইট্রাইড গঠিত হয়। যথা :

$$3Zn + 2NH_3 = Zn_3N_2 + 3H_2$$

জিংকের বৈশিষ্ট্য

1. বিশুদ্ধ জিংকেব সঙ্গে সালফিউবিক অ্যাসিডেব কোন বিক্রিয়া ঘটে না বলিয়া অবিশুদ্ধ জিংক ব্যবহাব কবিয়া জিংক সালফেট তৈরী করিতে হয়।

2. জিংক ইলেকট্রো-পজেটিভ ও ধর্মে উচ্চতব বলিয়া $CuSO_4$, $AgNO_3$, $Pb(NO_3)_2$ ইত্যাদি দ্রবণ হইতে Cu, Ag ও Pb প্রতিস্থাপিত করিতে পারে।

3 অ্যালুমিনিয়ামেব ন্যায় জিংক কষ্টিক সোডার সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া জিংকেট নামে বিশিষ্ট যৌগ গঠন করিতে পারে।

4. জিংক লোহার পাত্রে প্রলেপ দেওয়ার জন্য বিশেষভাবে ব্যবহৃত হয়।

5. জিংকের অনেক রকম ধাতু-সংকর প্রস্তুত করা যায়।

6 জিংকের স্ফুটনাংক 900°C, তাই জিংক পাতিত করিয়া বিশুদ্ধ করা যায়।

জিংকের ব্যবহার (Uses of Zinc) : (i) রসায়নাগারে হাইড্রোজেন উৎপাদন, (ii) বিজারক পদার্থরূপে এবং (iii) শিল্পে ইলেকট্রিক সেল ও শুষ্ক

ব্যাটারী (dry cell) তৈরী করার জন্য জিংকের পাত ব্যবহার করা হয়। (iv) পিত্তল ও কাঁসা অর্থাৎ ব্রাস ও বেল-মেটাল নামের জিংক ও টিনের ধাতু-সংকর গঠনের জন্য, বিভিন্ন ধরনের পাত্র তৈরী করার জন্য এবং প্রধানত **দস্তালিপ্ত** বা **গ্যালভেনাইজড** লোহার পাত তৈরী করার জন্য জিংক ব্যবহার করা হয়। (vi) রঙ শিল্পে, ঔষধ-প্রস্তুতিতে এবং সোনা ও রূপা নিষ্কাশনে জিংক ব্যবহৃত হয়। জিংকের ধাতুসংকরের উদাহরণ :

নাম	**উপাদান**	**অনুপাত**
পিতল বা ব্রাস	Cu : Sn	বিভিন্ন অনুপাত
বেল-মেটাল	Cu : Sn	,, ,,
জার্মান-সিলভার	Cu : Zn : Ni	,, ,,

দস্তা-লেপন বা গ্যালভেনাইজেশন (Galvanisation)

লৌহ নির্মিত জিনিসপত্র আর্দ্র বায়ুতে মরিচাগ্রস্ত হইয়া নষ্ট হইয়া যায়। কিন্তু লোহার পাত বা পাত্রাদিতে যদি জিংকের প্রলেপ দেওয়া যায় তবে লোহার জিনিস-পত্র জলবায়ুর প্রকোপ হইতে রক্ষা করা সম্ভব হয়। জিংক দ্বারা লোহার পাত বা পাত্রাদিকে প্রলেপ দেওয়ার পদ্ধতিকে **দস্তা-লেপন** বা **গ্যালভেনাইজেশন** বলা হয়।

1. **দস্তা-লেপন পদ্ধতি :** দস্তা-লেপনের জন্য—(i) প্রথমে লোহার পাত বালুদ্বারা ঝারিয়া (sand blast) পরিষ্কৃত করা হয়। (ii) এই লোহার পাত লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিডে ধুইয়া লোহার উপরে অকসাইডের আস্তরণ অপসারিত করা হয়। (iii) ইহার পরে স্বল্প পরিমাণে বিগালক রূপে (flux) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত করিয়া **গলিত জিংক-গাহে** (molten zinc bath) লোহার পাত ডুবাইয়া লোহার উপরে দস্তা বা জিংকের প্রলেপ দেওয়া হয়। (iv) পরবর্তী পর্যায়ে এই জিংক-লিপ্ত-পাতের উপরে চাপ দিয়া জিংকের প্রলেপ লোহার উপরে সমান ভাবে পুরু বা ঘন করা হয়।

এই গ্যালভেনাইজড বা দস্তালিপ্ত লোহার পাত দ্বারা করোগেটেড টিন (যদিও ইহা আসলে জিংকপ্রলিপ্ত ঢেউতোলা লৌহ পাত), বালতি, কৌটা ইত্যাদি তৈরী করা হয়।

2. **দস্তা-লেপনের ইলেকট্রোপ্লেটিং পদ্ধতি :** ইলেকট্রোপ্লেটিং পদ্ধতিতে যে লৌহ পাত্রকে দস্তালিপ্ত করা হয় তাহা ক্যাথোডরূপে ও দস্তাকে

জিংক দণ্ড অ্যানোড-রূপে এবং সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত জিংক সালফেটের দ্রবণ ব্যবহার করিয়া তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতির প্রয়োগ করা হয়। দ্রবণ হইতে জিংক আয়ন (Zn^{++}) ক্যাথোডরূপে ব্যবহৃত লৌহপাত্রের উপরে ধাতব জিংক-রূপে সমঘন আস্তরণ ফেলে।

$$[\ Zn^{++} + 2e \rightarrow Zn \downarrow\ ]$$

পক্ষান্তরে অ্যানোড হইতে জিংক আয়নরূপে দ্রবীভূত হইয়া জিংক সালফেট দ্রবণের ঘনত্ব অপরিবর্তিত রাখে।

$$[Zn - 2e \rightarrow Zn^{++}\ ,\ Zn^{++} + SO_4^{=} \rightleftharpoons ZnSO_4]$$

বিশেষ প্রযোজনে ব্যবহৃত লৌহপাত্র ইলেকট্রোপ্লেট করা হয়, কারণ এই পদ্ধতি ব্যয়-সাধ্য।

3. **শেরার্র-ডাইজেশন :** ছোট ছোট দস্তালিপ্ত লৌহ দ্রব্যাদি তৈরীর জন্য ইহাদের উপরে জিংক ও জিংক অকসাইডের পাউডার মিশ্রিত করিয়া মাখাইয়া দেওয়া হয় এবং ড্রামের ন্যায় আবদ্ধ পাত্রে রাখিয়া উত্তপ্ত করা হয়। উত্তাপের ফলে লোহার উপরে দস্তার প্রলেপ পড়ে এবং অনেকাংশে দস্তা ও লোহার ধাতু-সংকরও গঠিত হয়। এরূপ পদ্ধতিকে 'শেরারডাইজেশন' (Sherardisation) বলা হয়। এই পদ্ধতিতে দস্তালিপ্ত বল্টু, স্ক্রু, কব্জা ইত্যাদি তৈরী করা হয়।

প্রতি বছর পৃথিবীতে প্রায় দশ লক্ষ টন জিংক নিষ্কাশিত হয় এবং ইহার অর্ধেকই ব্যবহার করা হয় দস্তালেপন বা গ্যালভেনাইজেশনের শিল্প-পদ্ধতির জন্য।

টিন-প্রলেপন (**Tin plating**) **:** জিংকের পরিবর্তে লোহার পাত্রকে জলবায়ুর প্রকোপ হইতে রক্ষার উদ্দেশ্যে টিন দ্বারা প্রলেপ দেওয়া হইলে তাহাকে টিন প্লেটিং বলা হয়। এই পদ্ধতিতে লোহার পাত্রকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে ধুইয়া বিগালকরূপে মিশ্রিত অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডসহ গলিত টিন গ[illegible]হ (molten tin bath) ডুবাইয়া লোহার গায়ে টিনের প্রলেপ দেওয়া হয়। পরে চাপ দিয়া এই টিনের প্রলেপ লোহার উপরে সমঘন আস্তরণে পরিণত করা হয়। সাধারণত $\frac{1}{10}$ ইঞ্চি পুরু লোহার পাতে $\frac{1}{10000}$ ইঞ্চি পুরু টিনের আস্তরণ

দস্তালেপন এবং টিন-প্রলেপন পদ্ধতির তুলনা :

(Comparison between Galvanisation and Tin-plating)

দস্তা-লেপন	টিন-প্রলেপন
(i) জিংক দ্বারা লোহার উপরে প্রলেপ দেওয়া হয়।	(i) টিন দ্বারা লোহার উপরে প্রলেপ দেওয়া হয়।
(ii) জল-বায়ুর প্রকোপরোধে অপেক্ষাকৃত কম কার্যকরী।	(ii) জলবায়ুর প্রকোপরোধে অধিকতর কার্যকরী।
(iii) দস্তালেপন পুরু বলিয়া অধিক জিংক ব্যবহৃত হয়।	(iii) টিন লেপন পাতলা বলিয়া কম টিন ব্যবহৃত হয়।
(iv) জিংক লোহার চেয়ে উচ্চতর ইলেকট্রোপজেটিভ ধাতু বলিয়া দস্তা-লিপ্ত লৌহ পাত বা পাত্রে কোথাও ফাটল ধরিলে জলবায়ুর প্রকোপে জিংক বরং লোহার চেয়ে তাড়াতাড়ি ক্ষয় হইয়া যায়।	(iv) টিন লোহার চেয়ে নিম্নতর ইলেকট্রো-পজেটিভ ধাতু বলিয়া টিনলিপ্ত পাত্রের কোথাও যদি ফাটল ধরে তবে জলবায়ুর প্রকোপে লোহা তাড়াতাড়ি মরিচা পড়িয়া ক্ষয় হইয়া যায়।
(v) দস্তার মধ্যে স্বল্পমাত্রায় বিষক্রিয়া বর্তমান। তাই দস্তালিপ্ত পাত্র খাদ্য-দ্রব্য রাখার জন্য ব্যবহার করা যায় না।	(v) টিনের কোন বিষক্রিয়া নাই, তাই টিন-লিপ্ত পাত্রে খাদ্যদ্রব্য রাখার জন্য ব্যবহার করা যায়।
(vi) অপেক্ষাকৃত স্বল্প ব্যয়সাধ্য।	(vi) অপেক্ষাকৃত বেশি ব্যয়সাধ্য।
(vii) অপেক্ষাকৃত কম স্থায়ী।	(vii) তুলনায় বেশি স্থায়ী।

(Zinc dust) : ইহা জিংক এবং স্বল্প পরিমাণে জিংক অকসাইডের মিশ্র পাউডার। জিংক তৈরী করার সময়ে প্রোলং ও হিমকারে জিংক ধাতু ও ইহার অকসাইডের মিশ্রিত ‘ধূলি’ বা চূর্ণ পাওয়া যায়। গলিত জিংকের মধ্যে উচ্চচাপে বায়ু প্রবাহিত করিয়াও জিংক ধূলি ($Zn+ZnO$) তৈরী করা যায়।

জিংক-দানা (Zinc granule) : তরল জিংক ক্ষীণ ধারায় শীতল জলে ঢালিলে জিংকের দানা বা ধাতব কুচি তৈরী হয়। এরূপ দানাকে জিংক গ্রানুল বলা হয়।

এই জিংক ধূলি এবং জিংক দানা বিজারকরূপে ব্যবহৃত হয়।

জিংকের বিভিন্ন যৌগ

(i) **অক্সাইড ঃ** প্রাকৃতিক জিংক আকরিক এবং সাদা জিংক অক্সাইড—ZnO , শ্বেত দস্তা নামে রঙের কাজে ব্যবহার করা হয়।

(ii) **হাইড্রক্সাইড ঃ** সাদা জিংক হাইড্রক্সাইড—$Zn(OH)_2$;

(iii **ক্লোরাইড ঃ** সোদক (hydrated) ও নিরুদক (dehydrated)—জিংক ক্লোরাইড—$ZnCl_2, H_2O$, $ZnCl_2$—এই নিরুদক ক্লোরাইড বিশোষকরূপে ব্যবহৃত হয়।

(iv) **সালফেট ঃ** শ্বেত ভিট্রিয়ল (white vetriol) বা জিংক সালফেট—$ZnSO_4, 7H_2O$, ইহা জিংক সালফাইডকে জারিত করিয়া অথবা সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা জিংক কার্বনেটকে ($ZnCO_3$) বিকৃত করিয়া তৈরী করা যায় , রঙ ও ঔষধের শিল্পে ইহা ব্যবহৃত হয়।

(v) **নাইট্রেট ঃ** জিংক নাইট্রেট—$Zn(NO_3)_2$,

(vi) **কার্বনেট ঃ** জিংক কার্বনেট বা ক্যালামাইন—$ZnCO_3$.

প্রাকৃতিক আকরিক হইতে বিভিন্ন যৌগের প্রস্তুতি

$—2HCl \rightarrow CO_2+H_2O+ZnCl_2$
Zn-ক্লোরাইড
$+[2NaOH] \rightarrow Zn(OH)_2+2NaCl$
(অনতিরিক্ত) Zn-হাইড্রক্সাইড
$ZnCO_3+ \rightarrow —H_2SO_4 \rightarrow CO_2+H_2O+ZnSO_4$
ক্যালামাইন Zn-সালফেট
$+[2NaOH] \rightarrow Zn(OH)_2+Na_2SO_4$
(অনতিরিক্ত) Zn-হাইড্রক্সাইড
$—2HNO_3 \rightarrow CO_2+H_2O+Zn(NO_3)_2$
$+[2NaOH] \rightarrow Zn(OH)_2+2NaNO_3$
(অনতিরিক্ত)

$ZnCO_3$
ক্যালামাইন
↓
তাপ
↓
$ZnS \rightarrow$ নিয়ন্ত্রিত জারণ $\rightarrow ZnO + \rightarrow$
(জিংক ব্লেণ্ড) অক্সাইড
O_2 ↓
(নিয়ন্ত্রিত তাপজারণ)
$ZnSO_4$
Zn-সালফেট

—$2HCl \rightarrow ZnCl_2 + HO_2$
Zn-ক্লোরাইড
—$H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2O$
Zn-সালফেট
—$2HNO_3 \rightarrow Zn(NO_3)_2 + H_2O$
Zn-নাইট্রেট
—$2NaOH \rightarrow Na_2ZnO_2 + H_2O$
Na-জিংকেট

জিংক-সনাক্তকরণ (Test or Identification of zinc): (i) সোডিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে জিংকের যে-কোন লবণ মিশ্রিত করিয়া চারকোল পিণ্ডের গহ্বরের মধ্যে রাখিয়া বুনসেন দীপের **প্রদীপ্ত** বিজারণ শিখায় (reducing flame) ফুৎনলের সাহায্যে উত্তপ্ত করিলে এক প্রকার অবশেষ পাওয়া যায়। উত্তপ্ত অবস্থায় ইহা দেখিতে হলুদ এবং শীতল অবস্থায় সাদা। ইহার মধ্যে কয়েক ফোঁটা কোবল্ট নাইট্রেট ফেলিয়া **অদীপ্ত** শিখায় (oxidising flame) উত্তপ্ত করিলে সাদা অবশেষ **সবুজ বর্ণে** রূপান্তরিত হয়।

(ii) জিংক লবণের যে-কোন দ্রবণে প্রথমে স্বল্প পরিমাণে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH) বা সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ($NaOH$) ঢালিলে সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। কিন্তু অতিরিক্ত $NaOH$ ঢালিলে এই অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হইয়া যায়।

$$ZnSO_4 + 2NaOH = Zn(OH)_2 \downarrow + Na_2SO_4$$
$$Zn(OH)_2 + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + 2H_2O$$

(iii) দ্রবণীয় জিংক লবণের সঙ্গে অ্যামোনিয়াম সালফাইড [$(NH_4)_2S$] মিশ্রিত করিলে সাদা অধঃক্ষেপ পরে। ইহা ক্ষারে অদ্রবণীয় কিন্তু খনিজ অ্যাসিডে (HCl) দ্রবণীয়। সাদা অধঃক্ষেপ জিংক সালফাইড (ZnS)।

$$ZnSO_4 + H_2S = ZnS \downarrow + H_2SO_4$$
$$ZnSO_4 + (NH_4)_2S = ZnS \downarrow + (NH_4)_2SO_4$$

Questions to be discussed

1. What are the important ores of zinc? How would you extract Zinc from Zinc blende? Name three important alloys of Zinc. How would you identify Zinc?

2. What happens when—(i) Zinc is heated in air, (ii) Zinc kept in moisture, (iii) Zinc treated with pure sulphuric acid, (iv) Zinc treated with NaOH, (v) pure and then commercial zinc treated with concentrated H_2SO_4 separately, (vi) Zinc rod dipped into lead nitrate solution and (vii) Zinc carbonate strongly heated?

Explain these reaction and give equations:

3. Write notes on: White zinc, (ii) Brass; (iii) Galvanisation by zinc; (iv) Tin plating. What are the important alloys of zinc? How would you identify zinc by dry process?

4. What are the uses of Zinc? How would you prepare zinc sulphate and zinc nitrate from zinc blende? What are the action of air, water, and chloride on metallic zinc?

5. How is zinc prepared from zinc blende? State four of its chemical properties aud name two of its alloys. What do you mean by galvanised iron? How is it obtained?

[*H. S. (comp.) 1960*]

6. Describe the chemical reactions which occur in the process of manufacture of Zinc from Zinc blende. State its chemical properties and two of its uses. Name two alloys of Zinc and mention what other metals they contain. [*H. S. 1961*]

7. Write short notes on (a) Galvanising and Tin plating.

[*H. S. 1962*]

8. Describe chemical reactions which are involved in the extraction of Zinc from Zinc blende, and lead from galena.

9. What is Galvanisation? Why are iron sheets galvanised?

[*H. S. (comp.) 1963*]

১৩

অ্যালুমিনিয়াম

প্রতীক চিহ্ন—Al , পারমাণবিক ওজন—29 , যোজ্যতা—3

পরিচয় : পৃথিবীর উপরিভাগের সমস্ত পদার্থের শতকরা 7 ভাগ অ্যালুমিনিয়াম দ্বারা গঠিত। লোহার পরিমাণ 4·1% , কিন্তু লোহা অপেক্ষা ভূপৃষ্ঠের বস্তু-রাশিতে অ্যালুমিনিয়ামের পরিমাণ বেশী হওয়া সত্ত্বেও অ্যালুমিনিয়ামের সন্ধান পাওয়া যায় মাত্র 1827 খ্রীষ্টাব্দে। বিজ্ঞানী **উলার** (Wohler) এই বৎসর অ্যালুমিনিয়াম আবিষ্কার করেন। অ্যালুমিনিয়ামের পরিচয় অজানা সত্ত্বেও অ্যালাম ও অ্যালুমিনা জাতীয় যৌগের পরিচয় আগেও জানা ছিল। উলার অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডকে পটাসিয়াম দ্বারা বিজারিত করিয়া সর্বপ্রথম অ্যালুমিনিয়াম তৈরী করেন। যথা :

$$AlCl_3 + 3K = Al + 3KCl$$

এরূপ বিক্রিয়ায় অ্যালুমিনিয়াম উৎপাদন বৈজ্ঞানিক মূল্য ছাড়া ব্যবহারিক কোন গুরুত্ব নাই।

1886 খ্রীষ্টাব্দে চার্লস মার্টিন **হল** (Hall) নামে আমেরিকার একটি ছাত্র সর্বপ্রথম বৃহদায়তন পন্থায় অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনের পদ্ধতি আবিষ্কার করেন। ক্লাসে বসিয়া অধ্যাপকের মুখে হল একদিন শুনিয়াছিলেন যে অ্যালুমিনিয়াম উৎপাদনের কোন বৃহদায়তন পন্থা তখনও আবিষ্কৃত হয় নাই। হল এই পন্থা আবিষ্কারের সংকল্প গ্রহণ করেন। প্রায় ছয় মাস অক্লান্ত পরিশ্রম করিয়া একদিন উত্তেজিতভাবে ক্লাসে ঢুকিয়া হল রসায়নের অধ্যাপককে জানান, "সার, আমি অ্যালুমিনিয়াম উৎপাদনে সক্ষম হয়েছি।" গলিত অ্যালুমিনার (Al_2O_3) মধ্যে তড়িদ্-প্রবাহ চালাইয়া হল অ্যালুমিনিয়াম উৎপাদনের নতুন পদ্ধতি আবিষ্কারে সক্ষম হন। ইহার কয়েক মাস পরে ফরাসী দেশে **হেঁরো**

(Heroult) নামে এক বিজ্ঞানীও একই পন্থায়, কিন্তু স্বাধীনভাবে অ্যালুমিনিয়াম উৎপাদনের এই তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতিটি আবিষ্কার করেন।

বর্তমানে হল বা হেঁরোর এই তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতি অনুযায়ী অ্যালুমিনিয়াম উৎপাদন করা হয়। কিন্তু হল বা হেঁরো কেহই অ্যালুমিনিয়ামের মূল ভাণ্ডার হইতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনের উপায় উদ্ভাবন করিতে পারেন নাই। সাধারণ মৃত্তিকার এক প্রধান উপাদান অ্যালুমিনিয়াম। কিন্তু মৃত্তিকা হইতে অর্থনৈতিক উপায়ে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনের উপায় এখনও অজ্ঞাত।

প্রাকৃতিক আকরিক (Natural ores): অ্যালুমিনিয়াম মৌল ধাতুরূপে প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না। ইহার প্রধান যৌগসমূহ :

(i) **অক্সাইড :** রুবী, এমারী, স্যাফায়ার ইত্যাদি বিভিন্ন রত্নপাথর এবং অ্যালুমিনা—Al_2O_3 ;

(ii) **হাইড্রেটেড অক্সাইড :** বক্সাইট (Bauxite)—$Al_2O_3,2H_2O$
জিবসাইট (Gibbsite)—$Al_3O_3,3H_2O$,
ডায়াস্পোর (Diaspore)—Al_2O_3,H_2O ,

(iii) **সিলিকেট :** চিনামাটি (China caly), কেওলীন (Keolin) ও ফেলস্পার (Felsper) নামের অ্যালুমিনিয়াম, পটাসিয়াম ও সিলিকনের (Si) যৌগ সমূহ। [Al_2O_3, $2SiO_2$ $2H_2O$; K_2O, Al_2O_3, $6SiO_2$] ,

(iv) **ফ্লুরাইড :** ক্রায়োলাইট (Cryolite)—AlF_3, $3NaF$,

(v) **সালফেট :** অ্যালুনাইট (Alunite)—K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $4Al(OH)_3$ এবং আরও অন্যান্য যৌগ।

তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন

(Extraction of Aluminium by Electrolytic process)

অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশিত করা হয় প্রাকৃতিক **বক্সাইট** ($Al_2O_3, 2H_2O$) **আকরিক** হইতে। অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন তিন পর্যায়ে সম্পন্ন করা হয়। যথা :

1. বক্সাইট হইতে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা (Al_2O_3) প্রস্তুতি (preparation of pure alumina) ,

2. অ্যালুমিনার তড়িদ্‌বিশ্লেষণে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন (Extraction of aluminium by electrolysis of alumina) ; এবং

3. অ্যালুমিনিয়ামের পরিশোধন (Refining of aluminium) ।

1. অ্যালুমিনা প্রস্তুতি

(Preparation of Alumina)

1. **বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা প্রস্তুতি** (Preparation of pure Alumina) : বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা তৈরী করা হয় বক্সাইট আকরিক হইতে। বকসাইটে অ্যালুমিনিয়াম অকসাইড বা অ্যালুমিনার সঙ্গে ফেরিক অকসাইড (Fe_2O_3), বালু (SiO_2) এবং টাইটেনিয়াম অক্সাইড (TiO_2) জাতীয় এবং অন্যান্য ময়লা থাকে। নিষ্কাশিত অ্যালুমিনিয়ামে বালু বা সিলিকা থাকিলে ধাতুর মধ্যে ভঙ্গুরতা দেখা দেয় এবং লোহা থাকিলে অ্যালুমিনিয়ামের গায়ে মরিচা পড়ে। তাই অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনের আগে সর্বপ্রথমে বক্সাইট হইতে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা প্রস্তুত করা হয়। ইহা করা হয় কয়েকটি পদ্ধতিতে :

(i) **শুষ্ক বা বিগলন পদ্ধতি** (Dry or fusion process) : (ক) প্রথমে বিচূর্ণ বক্সাইটের সঙ্গে সোডিয়াম কার্বনেট এবং স্বল্প পরিমাণে ক্যালসিয়াম অকসাইড মিশ্রিত করিয়া উচ্চতাপাংকে উত্তপ্ত করা হয়। এই বিক্রিয়ায় সোডিয়াম অ্যালুমিনেট ($NaAlO_2$) এবং সোডিয়াম সিলিকেট (Na_2SiO_3) তৈরী হয় কিন্তু ফেরিক অক্সাইড অবিকৃত থাকে। যথা :

$$Al_2O_3+Na_2CO_3=2NaAlO_2+CO_2\uparrow$$

$$NA_2CO_3+SiO_2=Na_2SiO_3+CO_2\uparrow$$

(খ) উৎপন্ন মিশ্রণ জলে দ্রবীভূত করিলে সোডিয়াম অ্যালুমিনেট এবং সিলিকেট জলে দ্রবীভূত হইয়া যায়। ইহা ফিলটার করার পরে অবশেষরূপে পড়িয়া থাকে ফেরিক অক্সাইড।

(গ) পরিস্রুত দ্রবণের মধ্যে 50°C – 60°C তাপাংকে কার্বন ডাই-অকসাইড গ্যাস চালনা করিলে শুধু মাত্র অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রকসাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় কিন্তু সোডিয়াম সিলিকেট অবিকৃত থাকে।

$$2NaAlO_2+3H_2O+CO_2=Al(OH)_3\downarrow+Na_2CO_3$$

(ঘ) অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রকসাইড পরিস্রুত করিয়া 1200°C তাপাংকে উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা পাওয়া যায়। যথা :

$$2Al(OH)_3 = Al_2O_3 + 3H_2O \text{ (বাষ্প)} \uparrow$$

(ii) **সিক্ত বা বায়ার পদ্ধতি** (Wet or Bayer Process)

(ক) প্রথমে বিচূর্ণ বকসাইট উচ্চতাপে জারিত করা হয় এবং ফেরাস অকসাইডকে (FeO) ফেরিক অকসাইডে (Fe_2O_3) পরিণত করা হয় এবং 45% কষ্টিক সোডা-দ্রবণের সঙ্গে 150°C তাপাংকে এবং 80 পাউণ্ড চাপে এই তাপ-জারিত মিশ্র আকরিকের বিক্রিয়া ঘটান হয়। এই বিক্রিয়ায় অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড সোডিয়াম অ্যালুমিনেটরূপে দ্রবীভূত হইয়া যায় কিন্তু অন্যান্য পদার্থ অবিকৃত থাকে। যথা :

$$Al_2O_3 + 2NaOH = 2NaAlO_2 + H_2O$$

(খ) বকসাইটে অতিরিক্ত সিলিকা থাকিলে কষ্টিক সোডার সঙ্গে বিক্রিয়ার সময়ে লাইম বা চুন ব্যবহার করা হয়। ইহার ফলে সিলিকা অদ্রবণীয় সিলিকেটরূপে দ্রবণের নিচে অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং দ্রবণে থাকে শুধু সোডিয়াম অ্যালুমিনেট। যথা :

$$CaO + SiO_2 = CaSiO_3 \downarrow$$

(গ) দ্রবণে জল মিশাইয়া ইহা পরিস্রুত করা হয় এবং 25°C – 35°C তাপাংকে কয়েক ঘণ্টা রাখিয়া এই দ্রবণ আলোড়িত করা হয়। এরূপ ক্রিয়ায় আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলে প্রায় 70% অ্যালুমিনেট অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রকসাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। যথা :

$$NaAlO_2 + 2H_2O = Al(OH)_3 \downarrow + NaOH$$

(ঘ) এই অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রকসাইড উচ্চ তাপাংকে (1200°C) উত্তপ্ত করিয়া অ্যালুমিনা তৈরী করা হয়। যথা :

$$2Al(OH)_3 = Al_2O_3 + 3H_2O \uparrow$$

(iii) **সারপেক পদ্ধতি** (Serpek process) :

বকসাইটে খুব বেশি মাত্রায় সিলিকা থাকিলে ইহা চূর্ণ করিয়া চারকোল বা কোক চূর্ণের সঙ্গে মিশ্রিত করিয়া নাইট্রোজেনের পরিমণ্ডলে বৈদ্যুতিক চুল্লীতে 1800°C তাপাংকে উত্তপ্ত করা হয়। এরূপ বিক্রিয়ায় অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড গঠিত হয়। যথা :

$$2Al_2O_3+6C = Al_4C_3+3CO_2\uparrow$$

$$Al_4C_3+Al_2O_3 = 6Al+3CO\uparrow$$

$$2Al+N_2 = 2AlN$$

$$SiO_2+2C = Si\downarrow + 2CO\uparrow$$

এই অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড মিশ্রিত অবশেষ কষ্টিক সোডা দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে এবং অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। যথা :

$$AlN+3H_2O=Al(OH)_3\downarrow + NH_3\uparrow$$

এই অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড উচ্চ তাপাংকে উত্তপ্ত করিয়া অ্যালুমিনা তৈরী করা হয়। যথা :

$$2Al(OH)_3 = Al_2O_3+3H_2O\uparrow$$

এই পদ্ধতি ব্যয়সাপেক্ষ বলিয়া বর্তমানে বিশেষ প্রচলিত নয়।

(iv) আধুনিক পদ্ধতি

আধুনিক পদ্ধতি অনুযায়ী 20 – 36% অ্যালুমিনিয়াম যুক্ত ক্লে-মাটি (clay) অটোক্লেভের মধ্যে উচ্চ তাপাংকে নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা বিক্রিয়ান্বিত করা হয়। এরূপ বিক্রিয়ায় বক্সাইটে প্রাপ্ত লোহা, সিলিকা, টাইটেনিয়াম ইত্যাদি অবিকৃত থাকে কিন্তু অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রেট লবণ গঠন করে। বিক্রিয়ার পরে মিশ্রণ জলে দ্রবীভূত ও পরিস্রুত করিয়া অ্যালুমিনিয়াম দ্রবণ পৃথক করা হয়। পরিস্রুত এই অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রেট দ্রবণ ঘন ও উত্তপ্ত (1200°C) করিয়া অ্যালুমিনা তৈরী করা হয়। যথা :

$$Al_2O_3+6HNO_3 = 2Al(NO_3)_3+3H_2O$$

$$4Al(NO_3)_3 = 2Al_2O_3+4NO_2\uparrow+11O_2\uparrow$$

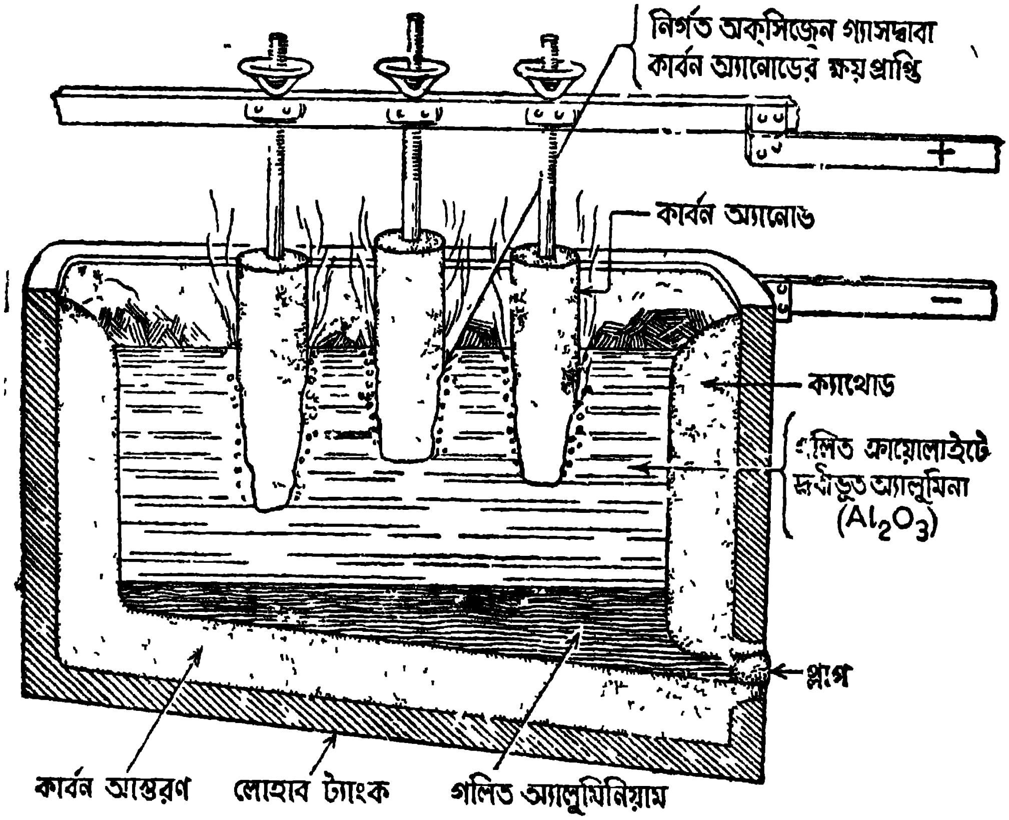
2. অ্যালুমিনার তড়িদ্‌বিশ্লেষণ

(Electrolysis of Alumina)

(1) অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনে ব্যবহৃত তড়িদ্‌বিশ্লেষণপাত্র লোহাদ্বারা তৈরী এবং ভিতরের দিকে এই পাত্রটি পুরু কার্বন স্তরে প্রলেপ দেওয়া থাকে। এই **কার্বন স্তর ক্যাথোডের** কাজ করে এবং **অ্যানোডরূপে** পাত্রের মাঝখানে ঝুলান থাকে **গ্র্যাফাইট**-নির্মিত কয়েকটি কার্বন-দণ্ড।

(ii) ইলেকট্রোলাইটরূপে ব্যবহার করা হয় 20% অ্যালুমিনা (Al_2O_3) ও 60% ক্রায়োলাইট (AlF_3, 3NaF) এবং তার সঙ্গে মিশ্রিত করা হয় 20% ফ্লোরস্পার (CaF_2)। অ্যালুমিনার গলনাংক প্রায় 2000°C. কিন্তু ইহার সঙ্গে ক্রায়োলাইট ও ফ্লোরস্পার মিশ্রণের ফলে সমগ্র মিশ্রণ 800°C – 900°C তাপাংকে বিগলিত হয়।

(iii) তড়িদ্‌বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে অ্যালুমিনিয়াম সঞ্চিত হয়। কিন্তু অ্যানোডে রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন হয় অক্‌সিজেন। এরূপ বিক্রিয়ায় অ্যালুমিনার সরাসরি তড়িদ্‌বিশ্লেষণ ঘটে না। ইহা ঘটে আরেকটি মধ্যবর্তী বিক্রিয়ার মাধ্যমে। প্রথম পর্যায়ে ক্রয়োলাইটের তড়িদ্‌বিশ্লেষণ ঘটে। যথা :


নির্গত অক্‌সিজেন গ্যাসদ্বারা কার্বন অ্যানোডের ক্ষয়প্রাপ্তি
+
কার্বন অ্যানোড
−
ক্যাথোড
গলিত ক্রায়োলাইটে দ্রবীভূত অ্যালুমিনা (Al_2O_3)
প্লাগ
কার্বন আস্তরণ
লোহার ট্যাংক
গলিত অ্যালুমিনিয়াম

অ্যালুমিনার তড়িদ্‌বিশ্লেষণে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন

তড়িদ্‌বিয়োজন : $AlF_3,3NaF \rightleftharpoons Al^{+++} + 3Na^{+} + 6F^{-}$

ক্যাথোড বিক্রিয়া : $Al^{+++} + 3e \longrightarrow Al$

অ্যানোড বিক্রিয়া : $6F^{-} - 6e \longrightarrow 6F \rightarrow 3F_2\uparrow$

ক্যাথোডের সন্নিকটে অ্যালুমিনিয়াম আয়ন (Al^{+++}) এবং সোডিয়াম (Na^{+}) আয়ন থাকা সত্ত্বেও অ্যালুমিনিয়ামের ক্ষরণ-প্রবণতা (discharge potential) কম বলিয়া ক্যাথোডে শুধু অ্যালুমিনিয়াম সঞ্চিত হয়।

পক্ষান্তরে অ্যানোডে অতি সক্রিয় ফ্লোরিন উৎপন্ন হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে অ্যালুমিনার সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া অ্যালুমিনিয়াম ফ্লোরাইড ও অক্সিজেন গঠন করে। যথা :

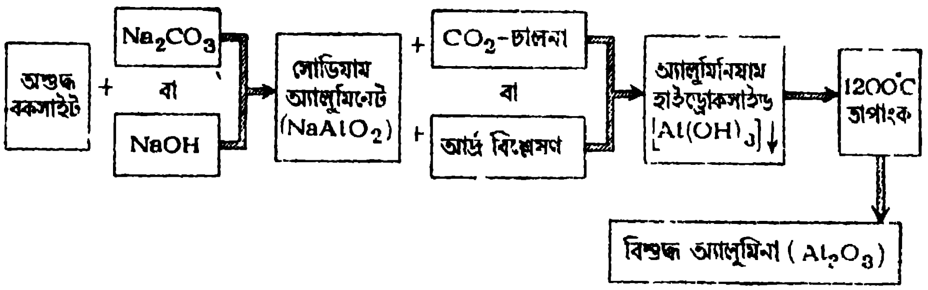
$$6F_2+2Al_2O_3=4AlF_3+3O_2\uparrow$$

$$AlF_3 \rightleftharpoons Al^{+++}+3F^-$$

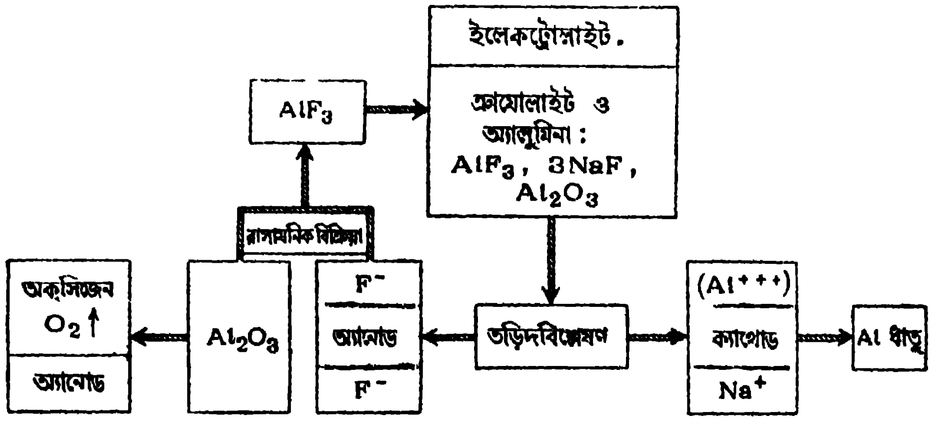
এই অ্যালুমিনিয়াম ফ্লোরাইড উৎপন্ন হওয়াব পরে তড়িদ্বিয়োজিত হইয়া আবার অ্যালুমিনিয়াম ও ফ্লোরিন আয়ন গঠন করে।

নিষ্কাশন পদ্ধতির চার্ট

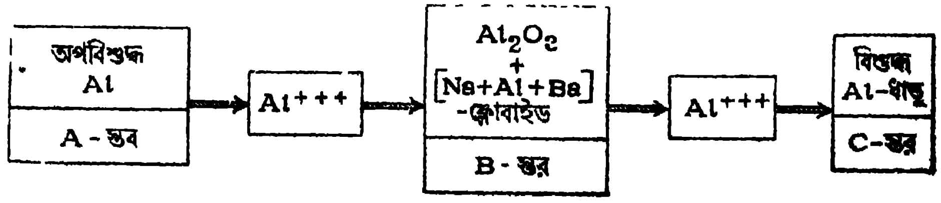
1. বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা প্রস্তুতি :


অশুদ্ধ বকসাইট
+
Na_2CO_3
বা
NaOH
সোডিয়াম অ্যালুমিনেট ($NaAlO_2$)
+
CO_2-চালনা
বা
+
আর্দ্র বিশ্লেষণ
অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রোক্সাইড [$Al(OH)_3$]↓
1200°C তাপাংক
বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা (Al_2O_3)

2. তড়িদ্‌বিশ্লেষণ ·



3. অ্যালুমিনিয়াম পরিশোধন :



সুতরাং দেখা যায় অ্যালুমিনা (Al_2O_3) সরাসরি তড়িৎ-বিশ্লেষিত না হইয়া প্রথমে অ্যালুমিনিয়াম ফ্লোরাইড (AlF_3) গঠন করে। এই অ্যালুমিনিয়াম ফ্লোরাইডের তড়িদ্‌বিশ্লেষণে ক্যাথোডে পাওয়া যায় অ্যালুমিনিয়াম এবং অ্যানোডে উৎপন্ন ফ্লোরিনের সঙ্গে অ্যালুমিনার রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে অ্যানোডে পাওয়া যায় অক্সিজেন।

(v) অ্যানোডে যে অক্সিজেন উৎপন্ন হয় তাহা গ্র্যাফাইট দণ্ডকে জারিত করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে এবং তাহার ফলে অ্যানোড ক্রমশ ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। যথা :

$$2C+O_2 = 2CO\uparrow, \quad 2CO+O_2 = 2CO_2\uparrow$$

(vi) তড়িদ্‌বিশ্লেষণের ফলে নিষ্কাশিত ধাতব অ্যালুমিনিয়াম পাত্রের তলায় পড়িয়া যায় এবং তাহা পাত্রের তলায় অবস্থিত নালার মাধ্যমে বাহির করিয়া লওয়া হয়।

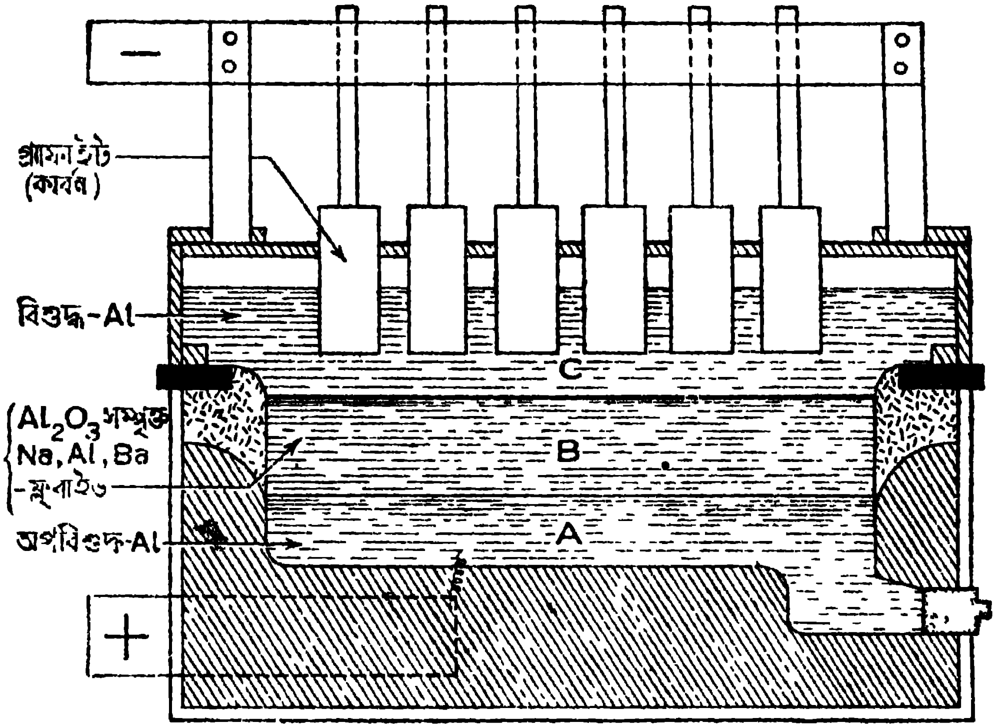
(vii) তড়িদ্‌বিশ্লেষণ চলিবার পরে পাত্রে অ্যালুমিনার পরিমাণ কমিয়া গেলে মিশ্রণের তড়িৎ-পরিবহণ ক্ষমতা হ্রাস পায় এবং বিশ্লেষণ-পাত্রের সঙ্গে সংযুক্ত একটি বাল্‌বের উজ্জ্বল আলো সেই সংকেত জানাইয়া দেয়। তখন বিশ্লেষণ-পাত্রে পুনরায় অ্যালুমিনা যোগ করা হয় এবং এই ভাবে ক্রায়োলাইটের পরিমাণ অপরিবর্তিত রাখা হয়। তড়িদ্‌বিশ্লেষণের সময় উত্তাপ 800°—900°C তাপাংকের মধ্যে অপরিবর্তিত রাখা হয়।

3. অ্যালুমিনিয়াম পরিশোধন (Refining or purification) :

তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত অ্যালুমিনিয়াম প্রায় 99% বিশুদ্ধ। ইহার মধ্যে প্রধানত আয়রন, সিলিকা ও কপার মল বা ময়লা রূপে মিশ্রিত থাকে। বিজ্ঞানী **হুপ্‌সের** আধুনিক পদ্ধতি (Hoop's process) অনুসরণ করিয়া 99·98% বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম তৈরী করা যায়।

তড়িদ্‌বিশ্লেষণে প্রাপ্ত অ্যালুমিনিয়ামকে একটি বৈদ্যুতিক সেলে পুনরায় তড়িদ্‌বিশ্লেষিত করা হয়। এই বিশ্লেষণ পাত্রের নিচের স্তরে (A) থাকে কপার, আয়রন ও সিলিকা মিশ্রিত অশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম। এই অশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামের স্তর **অ্যানোডের** কাজ করে। অশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামের উপরের স্তরে থাকে বিগলিত সোডিয়াম, বেরিয়াম ও অ্যালুমিনিয়াম ফ্লোরাইডের মিশ্র-লবণ। এই মিশ্র-লবণের মধ্যে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড সম্পৃক্ত থাকে।

ইহা দ্বিতীয় স্তর (B); এই মাঝের স্তরের মিশ্র ফ্লোরাইড-লবণের উপরে তৃতীয় স্তরে (C) থাকে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামের স্তর। এই বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামের স্তরে কয়েকটি গ্র্যাফাইট দণ্ড ঝুলানো থাকে। বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামের স্তর **ক্যাথোডের** কাজ করে।



অ্যালুমিনিয়াম পরিশোধন পদ্ধতি

অপরিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামের তড়িদ্‌বিশ্লেষণের সময় মাঝের স্তর হইতে অ্যালুমিনিয়াম বিশ্লেষিত হইয়া বিশুদ্ধ ধাতুরূপে উপরের ক্যাথোড-স্তরে (C) জমা হয়। যে-পরিমাণে অ্যালুমিনিয়াম মাঝের স্তর (B) হইতে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামরূপে বিশ্লেষিত হয় ঠিক সেই পরিমাণে অ্যালুমিনিয়াম নিচের অ্যানোড-স্তর (A) হইতে আয়নরূপে বিচ্ছিন্ন হইয়া দ্বিতীয় স্তরের (B) দ্রবণে মিশ্রিত হয়। এরূপ তড়িদ্‌বিশ্লেষণে আয়রন, সিলিকা, কপার ইত্যাদি পাত্রের নিচে পড়িয়া থাকে এবং সর্বোচ্চ স্তরে সঞ্চিত হয় বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম। এই বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম দণ্ডাকারে সংগ্রহ করা হয়।

A		B		C
অপরিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামের স্তর	→	ফ্লোরাইড মিশ্রিত অ্যালুমিনিয়ামের স্তর	→	বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামের স্তর

A—স্তরে অ্যানোড বিক্রিয়া : $Al - 3e \rightarrow Al^{+++}$ (B—স্তরে ইহার সঞ্চয়ন)
C—স্তরে ক্যাথোড বিক্রিয়া : $Al^{+++} + 3e \rightarrow Al$ (পরিশুদ্ধ ধাতুর প্রস্তুতি)

অ্যালুমিনিয়ামের ধর্ম

(Properties of Aluminium)

ভৌত ধর্ম (Physical Properties) : (i) অ্যালুমিনিয়াম নীলাভ রূপালী বর্ণের উজ্জ্বল ধাতু। (ii) অ্যালুমিনিয়াম নমনীয় ও প্রসারণশীল। তাই, ইহা ঢালাই করা যায় এবং ইহার তার ও পাত তৈরী করা যায়। 500°C তাপাংকের কাছাকাছিতে অ্যালুমিনিয়াম ভঙ্গুর এবং এরূপ তাপাংকে ধাতব অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ করিয়া অ্যালুমিনিয়াম পাউডার তৈরী করা যায়। 658°C তাপাংকে ইহা বিগলিত হয়। (iii) অ্যালুমিনিয়াম বিশেষভাবে পজেটিভ ধর্মী এবং তাপ ও তড়িৎ-পরিবাহী। (iv) অ্যালুমিনিয়ামের ঘনত্ব 2·7, ইহা লোহা ও তামার চেয়ে প্রায় এক-তৃতীয়াংশ হালকা। (v) অ্যালুমিনিয়াম ধাতু-সংকর তৈরী করার জন্য ব্যবহার করা হয়।

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical properties) : (1) **বায়ুর ক্রিয়া** (Action of air) : অ্যালুমিনিয়ামের উপরে বিশুদ্ধ বায়ুর কোন বিক্রিয়া নাই। আর্দ্র বায়ুতে অ্যালুমিনিয়ামের গায়ে পাতলা অক্সাইডের একপ্রকার পর্দা পড়ে। এই পর্দা বায়ুর অতিরিক্ত বিক্রিয়া হইতে অ্যালুমিনিয়ামকে রক্ষা করে। আর্দ্র বায়ুতে রাখিলে অ্যালুমিনিয়াম দেখিতে অনুজ্জ্বল হইয়া যায়। বায়ুতে দগ্ধ করিলে অ্যালুমিনিয়াম পাত উজ্জ্বল দীপ্তিতে জ্বলিয়া উঠে এবং এরূপ বিক্রিয়ায় অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড (Al_2O_3) তৈরী হয়। আংশিক নাইট্রাইডও গঠিত হয়। বায়ুর সংস্পর্শে পিণ্ডাকারে জারণের জন্য অ্যালুমিনিয়ামকে শ্বেত তপ্ত করা প্রয়োজন। যথা :

$$3Al+3O_2=2Al_2O_3$$

$$2Al+N_2=2AlN$$

(ii) **জলের ক্রিয়া** (Action of water) : অ্যালুমিনিয়ামের উপরে শীতল জলের কোন বিক্রিয়া ঘটে না। ইহার উপরে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড বা অক্সাইডের [$Al(OH)_3$ বা Al_2O_3] একটি পাতলা পর্দা পড়ে এবং ইহার ফলে জলের বিক্রিয়া হইতে অ্যালুমিনিয়াম রক্ষা পায়। ফুটন্ত জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে এবং অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। যথা :

$$2Al+6H_2O=2Al(OH)_3\downarrow+3H_2\uparrow$$

(iii) **অ্যাসিডের ক্রিয়া** (Action of acid) : লঘু, ঘন, তপ্ত বা শীতল সকল রকম অবস্থায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অ্যালুমিনিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায় এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। যথা :

$$2Al+6HCl=2AlCl_3+3H_2\uparrow$$

লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড বিক্রিয়াহীন কিন্তু ঘন ও তপ্ত অ্যাসিড অ্যালুমিনিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। যথা :

$$2Al+6H_2SO_4=Al_2(SO_4)_3+6H_2O+3SO_2\uparrow$$

সকল রকম অবস্থায় অ্যালুমিনিয়ামের উপরে নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া এত ধীরে ধীরে ঘটে যে কার্যকারিতার দিক হইতে ইহা অ্যালুমিনিয়ামের উপরে বিক্রিয়াহীন।

(iv) **ক্ষারের ক্রিয়া** (Action of alkali) : অ্যালুমিনিয়াম জিংকের ন্যায় ক্ষার ও অ্যাসিড উভয়ের সঙ্গেই বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ইহা ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় **অ্যালুমিনেট** নামে একপ্রকার যৌগ গঠন করে। যথা :

$$2Al+2NaOH+2H_2O=2NaAlO_2+3H_2\uparrow$$

এই সোডিয়াম অ্যালুমিনেটকে ($NaAlO_2$) অতিরিক্ত জলে দ্রবীভূত করিলে আর্দ্র বিশ্লেষণের ফলে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। যথা :

$$2NaAlO_2+4H_2O=2Al(OH)_3\downarrow+2NaOH$$

(v) **নাইট্রোজেন, সালফার ও ক্লোরিনের ক্রিয়া** (Action of non-metals) : উত্তপ্ত অ্যালুমিনিয়াম ও নাইট্রোজেনের বিক্রিয়ায় অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড তৈরী হয়। যথা :

$$2Al+N_2=2AlN$$

ইহা ক্লোরিনের সঙ্গে উত্তপ্ত করিলে অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড যৌগ গঠিত হয়। যথা :

$$2Al+3Cl_2=2AlCl_3$$

$$2Al+3S=Al_2S_3$$

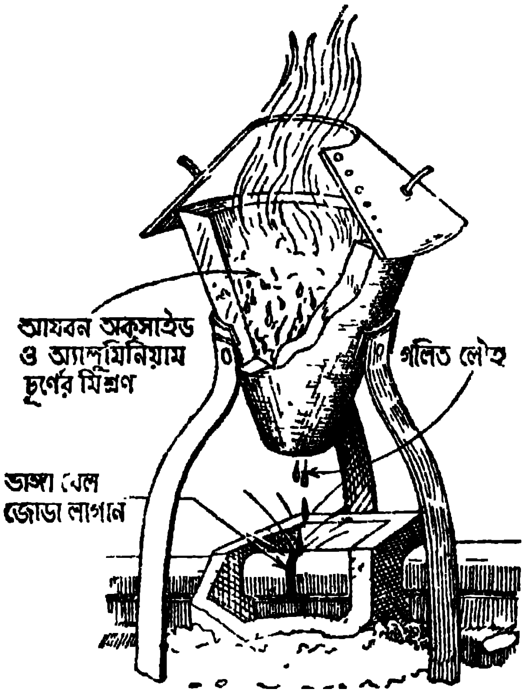
থারমিট পদ্ধতি (Thermit Process)

(vi) **অ্যালুমিনিয়ামের বিজারণ-ক্ষমতা** (Reducing property) : অ্যালুমিনিয়াম একটি উচ্চ-পর্যায়ের পজেটিভ-ধর্মী ধাতু। তাই, অ্যালুমিনিয়াম নিম্ন-পর্যায়ের পজেটিভ-ধর্মী ধাতুর অক্সাইডকে উচ্চতাপে বিজারিত করিয়া

ধাতুরূপে অথবা অন্য কোন অধাতুর অক্সাইডকে মৌল অবস্থায় পরিণত করিতে পারে। অ্যালুমিনিয়ামের এরূপ বিজারণ-বিক্রিয়াকে আবিষ্কারকের নাম অনুযায়ী থারমিট পদ্ধতি বলা হয়। বিক্রিয়া :

$$Fe_2O_3+2Al=2Fe+Al_2O_3\ ,\ 3SiO_2+4Al=2Al_2O_3+3Si$$

অ্যালুমিনিয়ামের এরূপ প্রবল বিজারণ-ক্ষমতাকে ব্যবহার করিয়া প্রথম মহাযুদ্ধের সময় জার্মান বিজ্ঞানী **গোল্ডস্মিথ** থারমিট বোমা তৈরী করেন। অ্যালুমিনিয়াম ও লোহার অক্সাইডের বিক্রিয়ায় প্রবল তাপ সৃষ্টি হয়। এই তাপে লোহার অক্সাইড হইতে যে-লোহা নিষ্কাশিত হয় তাহা বিগলিত হইয়া যায়। এই বিগলিত লোহার দ্বারা লোহার ভাঙ্গা যন্ত্রপাতি বা ফাটল জোড়া লাগানো যায়। ক্রোমিয়াম ও ম্যাঙ্গানীজের অক্সাইডের (Cr_2O_3 , MnO_2) সঙ্গে অ্যালুমিনিয়ামের বিক্রিয়া ঘটাইয়া ক্রোমিয়াম বা ম্যাঙ্গানীজ ধাতু নিষ্কাশিত করা যায়।



থারমিট পদ্ধতির প্রয়োগ

পদ্ধতি : থারমিট পদ্ধতিতে এক ভাগ অ্যালুমিনিয়ামের সঙ্গে তিনভাগ আয়রন অক্সাইড (Fe_2O_3) চূর্ণ মিশ্রিত করা হয়। এই মিশ্রণ রাখা হয় একটি অগ্নিসহ মৃত্তিকায় তৈরী বড় মুচিতে (fire clay crucible)। মুচিটির তলায় নলাকারে একটি ছিদ্র করা থাকে। অ্যালুমিনিয়াম ও ফেরিক অক্সাইড ($Al + Fe_2O_3$) মিশ্রণের উপরে রাখা হয় স্বল্প পটাসিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$), ইহার উপরে স্থাপন করা হয় একটি ম্যাগনেসিয়ামের ফিতা। এই ম্যাগনেসিয়ামের ফিতাটি সলিতার (fuse) কাজ করে।

লোহার যন্ত্রপাতির যে ভাঙ্গা স্থানটি জোড়া দেওয়া প্রয়োজন তার উপরে বসানো হয় থারমিটপূর্ণ মুচিটি। ম্যাগনেসিয়াম ফিতার গায়ে আগুন ধরাইয়া

দিলে সেই আগুন পটাসিয়াম ক্লোরেটকে বিস্ফোরিত করে এবং ইহার ফলে যে-তাপ সৃষ্টি হয় সেই তাপে অ্যালুমিনিয়াম ও আয়রন অক্সাইডের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটে। এই বিক্রিয়ায় প্রায় 2500°C তাপ সৃষ্টি হয়। এই তাপে অ্যালুমিনিয়াম লোহার অক্সাইড (Fe_2O_3) বিজারিত করিয়া যে-লোহা নিষ্কাশিত করে তাহা বিগলিত হইয়া যায়। এই বিগলিত লোহা মুছির নালা পথে নির্গত হইয়া লোহার ফাটলে জোড়া লাগায়।

ট্রাম লাইন, রেল লাইন, বড় বড় কল ইত্যাদির ন্যায় যে-সমস্ত ভারী বস্তু বা যন্ত্রপাতি স্থানান্তরিত করা সম্ভব হয় না থারমিট পদ্ধতিতে সেরূপ যন্ত্রপাতির ফাটল জোড়া দেওয়া হয়।

অ্যালুমিনিয়ামের ব্যবহার ঃ অ্যালুমিনিয়াম জলবায়ুর আক্রমণ প্রতিরোধ করিতে পারে এবং ওজনেও অ্যালুমিনিয়াম লোহা ও তামা অপেক্ষা প্রায় এক-তৃতীয়াংশ হালকা। অ্যালুমিনিয়াম ধাতুর তাপ ও বিদ্যুৎ-পরিবহণ ক্ষমতাও উত্তম। তাই ধাতুরূপে অ্যালুমিনিয়াম ক্রমশ লোহা ও তামার স্থান দখল করিতেছে। বর্তমানে প্রতি বৎসর প্রায় 300,000 টন অ্যালুমিনিয়াম তৈরী হয়: ইহা বিষাক্ত নয়। তাই, (i) গৃহকর্মের বাসনপত্র এবং বিভিন্ন যন্ত্রের নল, টিউব ইত্যাদি এখন ক্রমশ অ্যালুমিনিয়াম দ্বারা তৈরী হইতেছে। (ii) বৈদ্যুতিক তার এবং বৈদ্যুতিক যন্ত্রেও প্রচুর পরিমাণে ইহা ব্যবহৃত হয়। (vi) ইহা ব্যতীত থারমিট পদ্ধতির প্রয়োগের জন্য, ক্রোমিয়াম ও ম্যাঙ্গানীজ নিষ্কাশনে, (iv) বিভিন্ন যন্ত্রের অংশ তৈরী করার জন্য, (v) বিমান ও মোটরের কাঠামো এবং যন্ত্রপাতি তৈরী করার জন্য, (vi) রূপালী প্যাকিং কাগজ প্রস্তুত করার জন্য, (vii) পেইণ্ট হিসাবে, (viii) বাজী তৈরী করার প্রয়োজনে এবং এরূপ বিভিন্ন কাজে অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহার করা হয়।

অ্যালুমিনিয়ামের ধাতু-সংকর (alloy) : অ্যালুমিনিয়ামের প্রধান ধাতু সংকর ম্যাগনেসিয়াম, ডুরালুমিন এবং অ্যালুমিনিয়াম ব্রোঞ্জ।

ধাতু সংকরের নাম	ধাতুর অনুপাত	ব্যবহার
1. ম্যাগনেলিয়াম	Al : Mg : 95 : 5	তুলাদণ্ড, যন্ত্রের অংশ, বিমান ও মোটরের যন্ত্রপাতি।
2. ডুরালুমিন	Al : Cu : Mg : Mn 95 : 4 : 0·5 : 0·5	

ধাতু সংকরের নাম	ধাতুর অনুপাত	ব্যবহার
3. অ্যালুমিনিয়াম ব্রোঞ্জ	Al : Cu : 10 : 90	দেখিতে সোনার মত ; মুদ্রা, বাসন পত্র, ফটোর ফ্রেম ইত্যাদি।
4. অ্যালনিকো	ইস্পাত : Al : Ni : Co 50 : 20 : 20 : 10	চুম্বক

অ্যালুমিনিয়ামের প্রধান যৌগসমূহ

1. **অক্‌সাইড :** অ্যালুমিনিয়ামের প্রাকৃতিক ও কৃত্রিম অক্‌সাইড বা অ্যালুমিনা (Al_2O_3) ,
2. **হাইড্রকসাইড :** হাইড্রক্‌সাইড—$Al(OH)_3$, অ্যালুমিনিয়ামের যে কোন দ্রবণীয় লবণের সঙ্গে ক্ষারের বিক্রিয়ায় অদ্রবণীয় সাদা অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্‌সাইড তৈরী করা যায়। যথা : $AlCl_3 + 3NaOH = Al(OH)_3 + 3NaCl$,
3. **ক্লোরাইড :** অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড—$AlCl_3, 6H_2O$.
4. **সালফেট :** অ্যালুমিনিয়াম সালফেট—$Al_2(SO_4)_3, 18H_2O$,
5. **নাইট্রেট :** অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রেট $Al(NO_3)_3, 9H_2O$, নাইট্রিক অ্যাসিডে হাইড্রক্‌সাইড দ্রবীভূত করিয়া জলে দ্রবণীয় উদ্‌ত্যাগী নাইট্রেট তৈরী করা যায়। যথা : $Al(OH)_3 + 3HNO_3 = Al(NO_3)_3 + 3H_2O$

অ্যালুমিনিয়ামের বৈশিষ্ট্য

1. অ্যালুমিনিয়াম যৌগে স্ফটিক-জলের পরিমাণ খুব বেশি। ক্লোরাইডে 6, নাইট্রেটে 9 এবং সালফেটে 18টি জলের অণু বর্তমান। যথা :

$AlCl_3, 6H_2O$, $Al(NO_3)_3, 9H_2O$, $Al_2(SO_4)_3, 18H_2O$, এবং $K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$

2. অ্যালুমিনিয়াম অ্যাসিড ও ক্ষার উভয়ের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিতে পারে। যথা :

$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$$
$$2Al + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 + 3H_2$$

3. অ্যালুমিনিয়াম মিশ্র ও জটিল যৌগ গঠনে দক্ষ। ফটকিরি এরূপ একটি যৌগ। যথা : $K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$, এবং অন্য অ্যালাম

$(NH_4)_2SO_4,Al_2(SO_4)_3,24H_2O$, এরূপ অ্যালাম ব্যতীত ফ্লোরাইড ($AlF_3,3NaF$) এবং সিলিকেটের সঙ্গে অ্যালুমিনিয়াম অনেক জটিল যৌগ গঠন করে যাব স্থূল বা প্রয়োগিক ফর্মুলা K_2O, Al_2O_3, $6SiO_2$ (ফেলস্পার) এবং Al_2O_3, $2SiO_2$, $2H_2O$ (চিনামাটি) ।

অ্যালুমিনিয়াম সালফেট ও অ্যামোনিয়াম সালফেট দ্রবণ বা পটাসিয়াম সালফেট দ্রবণ একত্র করিয়া স্ফটিক তৈরী করিলে পটাসিয়াম-অ্যালুমিনিয়ামের মিশ্র লবণ তৈরী করা যায়। যথা :

$$K_2SO_4+Al_2(SO_4)_3+24H_2O=K_2SO_4,Al_2(SO_4)_3,24H_2O$$

4. অ্যালুমিনিয়ামেব লবণ জলীয় দ্রবণে আর্দ্র-বিশ্লেষিত (hydrolysed) হইয়া যায়। তাই, অ্যালুমিনিয়াম লবণেব দ্রবণে **অ্যাসিডের লক্ষণ** প্রকাশ পায়। যথা :

$$AlCl_3+3HOH \rightleftharpoons Al(OH)_3+3HCl$$

$$Al_2(SO_4)_3+6HOH \rightleftharpoons 2Al(OH)_3+3H_2SO_4$$

5. অক্সাইড (Al_2O_3) ও হাইড্রক্সাইড [$Al(OH)_3$] ব্যতীত অ্যালুমিনিয়ামেব অন্যান্য যৌগগুলি দ্রবণীয়।

6. তড়িৎ-রাসায়নিক তালিকায় অ্যালুমিনিয়ামের স্থান উচ্চে বলিয়া ইহা লোহা, ম্যাঙ্গানীজ, ক্রোমিয়াম যৌগ হইতে এই সমস্ত ধাতু প্রতিস্থাপিত কবিতে পাবে। তাই, ইহা বিজারকরূপেও ব্যবহার করা হয়।

7, অ্যালুমিনিয়ামের কোন কার্বনেট যৌগ নাই।

8. অ্যালুমিনিয়ামের ধাতু-সংকর বিমান ও হাল্কা যানবাহন তৈরী করার জন্য ব্যবহাব করা হয়।

আকরিক অ্যালুমিনিয়াম হইতে অন্যান্য যৌগ গঠন

Al_2O_3, $2H_2O$ (বক্সাইট)
↓
তাপ
↓
$Al_2O_3 + \rightarrow$
অ্যালুমিনা
$+2H_2O$

—$2NaOH \rightarrow 2NaAlO_2 + H_2O$
Na-অ্যালুমিনেট

—$6HCl \rightarrow 3H_2O + 2AlCl_3 + [6NaOH] \rightarrow 6NaCl + 2Al(OH)_3$
Al-ক্লোরাইড Al-হাইড্রক্সাইড

—$3H_2SO_4 \rightarrow 3H_2O + Al_2(SO_4)_3 + [6NaOH] \rightarrow 3Na_2SO_4 + 2Al(OH)_3$
Al-সালফেট

$\rightarrow Al(OH)_3 + [3HNO_3] \rightarrow Al(NO_3)_3 + 3H_2O$
Al-নাইট্রেট

অ্যালুমিনিয়ামের কয়েকটি যৌগ

1. **অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড বা অ্যালুমিনা** (Alumina or Al_2O_3) **:** অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড রুবী, স্যাফায়ার এবং চুনী, পান্না, নীলা, পোখরাজ ইত্যাদি রত্নপাথররূপে প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। কোরাণ্ডাম নামে স্বচ্ছ ও অস্বচ্ছ যে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায় তাহা হীরার পরেই দ্বিতীয় কঠিনতম পদার্থ। অ্যালুমিনিয়ামের অক্সাইডকে বলা হয় অ্যালুমিনা। অ্যালুমিনার সঙ্গে ক্রোমিয়াম, টাইটেনিয়াম ধাতুর অক্সাইড মিশাইয়া 2000°C তাপাংকে অক্সি-হাইড্রোজেন শিখার সাহায্যে উত্তপ্ত করিয়া কৃত্রিম রত্নপাথর তৈরী করা যায়। এরূপ কৃত্রিম রত্নপাথর গঠনে ও গুণে প্রাকৃতিক রত্নপাথর নীলা, চুনী, পান্না, অ্যামারী, স্যাফায়ার ইত্যাদির ন্যায় প্রায় একই রকম।

অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড উত্তপ্ত করিয়া অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড বা অ্যালুমিনা তৈরী করা যায় (অ্যালুমিনা প্রস্তুতি দেখ।)। যথা :

$$2Al(OH)_3 = Al_2O_3 + 3H_2O$$

অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড, সালফেট বা নাইট্রেট লবণের সঙ্গে অনতিরিক্ত ক্ষার দ্রবণ মিশ্রিত করিয়া অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। ইহা উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিয়া অ্যালুমিনা তৈরী করা হয়।

$$Al_2(SO_4)_3 + 6NaOH = 3Na_2SO_4 + 2Al(OH)_3 \downarrow$$

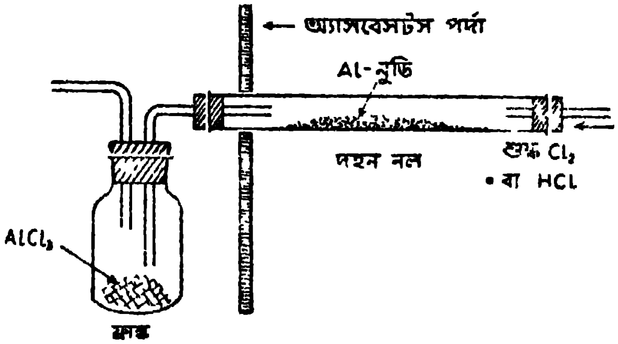
$$2Al(OH)_3 \xrightarrow[\text{তাপ}]{\text{উচ্চ}} Al_2O_3 + 3H_2O$$

80°C তাপাংকে অ্যালুমিনার গঠন—$Al_2O_3, 2H_2O$ এবং 220°C তাপাংকে—Al_2O_3,H_2O , 800°C তাপাংকে যে অ্যালুমিনা (Al_2O_3) তৈরী করা হয় তাহা অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না। অ্যালুমিনা জলে অদ্রবণীয় কিন্তু অ্যাসিডে দ্রবণীয়। অতি-দগ্ধ করা হইল যে-অ্যালুমিনা (Al_2O_3) গঠিত হয় তাহা অ্যাসিডেও অদ্রবণীয়। অ্যালুমিনা কার্বন বা হাইড্রোজেনের দ্বারা বিজারিত করা যায় না। ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইহা অ্যালুমিনেট যৌগ গঠন করে। অ্যালুমিনা পালিশ-পাথর এবং কৃত্রিম রত্নপাথর প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয়। রঞ্জন শিল্পে এবং অ্যালাম তৈরী করার জন্যও ইহা ব্যবহৃত হয়।

2. **অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড** ($AlCl_3,6H_2O$) **:** (1) শুষ্ক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস অথবা ক্লোরিন গ্যাসের মধ্যে শুষ্ক অ্যালুমিনিয়াম উত্তপ্ত

করিয়া অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ($AlCl_3$) তৈরী করা যায়। একটি শক্ত কাচের দহন-নলের মধ্যে ভরা হয় শুষ্ক অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ। নলের একমুখে সংযুক্ত থাকে একটি ফ্লাস্ক এবং নলের অপর মুখে হাইড্রোক্লরিক অ্যাসিড বা ক্লোরিন গ্যাস চালানো হয়। দহন-নলটি দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত করা হয়। দহন-নলে অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ($AlCl_3$) তৈরী হয় এবং ইহা উৎক্ষিপ্ত হইয়া ফ্লাস্কের মধ্যে সংগৃহীত হয়। বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে :

$$2Al+3Cl_2 = 2AlCl_3\ ,\ 2Al+6HCl = 2AlCl_3+3H_2$$



অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুতি

(ii) বৃহদায়তন শিল্পপদ্ধতিতে অ্যালুমিনা ও কার্বন (C) মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত অবস্থায় (1600°C) উহার মধ্যে ক্লোরিন গ্যাস (Cl_2) চালাইয়াও অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ($AlCl_3$) তৈরী করা যায়। যথা :

$$Al_2O_3+3C+3Cl_2 = 2AlCl_3+3CO\uparrow$$

লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে অ্যালুমিনিয়াম বা ইহার অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইড দ্রবীভূত করিলে প্রথমে আর্দ্র ক্লোরাইড ($AlCl_3, 6H_2O$) গঠিত হয়। কিন্তু ইহা উত্তপ্ত করিয়া অনার্দ্র ক্লোরাইড তৈরী করা যায় না। কারণ, ইহা উত্তপ্ত করিলে পুনরায় অ্যালুমিনিয়ামের অক্সাইড ও অ্যাসিড তৈরী হয়। যথা :

$$2AlCl_3, 6H_2O = Al_2O_3 + 6HCl + 9H_2O$$

ধর্ম : অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড একটি অতি উদ্‌গ্রাহী (hygroscopic) কঠিন বস্তু। জলীয় বায়ুতে ইহা ধূমায়িত হয় এবং সহজেই জলের সঙ্গে স্ফটিক ($AlCl_3,6H_2O$) গঠন করে। কিন্তু অতিরিক্ত জলের সঙ্গে ইহার আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে। যথা : $AlCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3+3HCl$, ইহা তাই বিক্রিয়ায় অ্যাসিড-ধর্মী। উত্তাপে ইহা অক্সাইডে পরিণত হয়। যথা : $2AlCl_3+3H_2O = Al_2O_3+6HCl$,

অ্যামোনিয়া শোষণ করিয়া অ্যামোনিয়া যুত যৌগ গঠন করে ($AlCl_3$, $6NH_3$)।

ব্যবহার ঃ অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড পেট্রোলিয়াম-শিল্পে হাল্‌কা পেট্রোল তৈরী করার জন্য এবং জৈব রসায়নে সংশ্লেষণী বিকারকরূপে ব্যবহার করা হয়।

3. **অ্যালুমিনিয়াম সালফেট** [$Al_2(SO_4)_3, 18H_2O$] : (i) অ্যালুমিনিয়াম অক্‌সাইড বা হাইড্রকসাইড তপ্ত ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ান্বিত করিয়া অ্যালুমিনিয়াম সালফেট তৈরী করা হয়। দ্রবণকে ঘনীভূত করিয়া সালফেট স্ফটিক তৈরী করিয়া এবং সেই সালফেট স্ফটিক আবার জলে দ্রবীভূত, পরিস্রুত এবং পুনরায় বাষ্পায়িত করিয়া বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম সালফেট তৈরী করা হয়। বিক্রিয়া :

$$Al_2O+3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3+3H_2O$$

(ii) অ্যালুমিনিয়ামের সঙ্গে তপ্ত ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় অ্যালুমিনিয়াম সালফেট গঠিত হয়। যথা :

$$2Al+6H_2SO_4=Al_2(SO_4)_3+6H_2O+3SO_2$$

(iii) বৃহদায়তন শিল্পপদ্ধতিতে আকরিক বক্‌সাইট ও চিনামাটি বা কেওলিনের সঙ্গে তপ্ত ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া অ্যালুমিনিয়াম সালফেট তৈরী করা হয়। ইহা জলে দ্রবীভূত, বাষ্পায়িত ও কেলাসিত করিয়া বিশুদ্ধ করা যায়।

অ্যালুমিনিয়াম সালফেট জলে বিশেষভাবে দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণে ইহার আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে বলিয়া ইহাও অ্যাসিড-ধর্মী।

$$Al_2(SO_4)_3+6H_2O \rightleftharpoons 2Al(OH)_3+3H_2SO_4$$

ইহা উত্তপ্ত করিলে অক্‌সাইড তৈরী হয়। যথা :

$$2Al_2(SO_4)_3 = 2Al_2O_3+6SO_2+3O_2$$

অ্যালাম (Alum) : অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের সঙ্গে সম-আণবিক (equi-molecular) পরিমাণে পটাসিয়াম সালফেট বা অ্যামোনিয়াম সালফেট মিশাইয়া **পটাস অ্যালাম** [$K_2SO_4,Al_2(SO_4)_3,24H_2O$] বা **অ্যামন অ্যালাম** [$(NH_4)_2SO_4,Al_2(SO_4)_3,24H_2O$] তৈরী করা যায়।

[অ্যালাম সম্বন্ধে প্রাঃ রসায়ন দ্বিতীয় ভাগ—সালফিউরিক অ্যাসিড অধ্যায় দ্রষ্টব্য।]

ব্যবহার : অ্যালুমিনিয়াম সালফেট সূতিশিল্পে রঙ পাকা করার জন্য, ফটকিরি বা অ্যালাম তৈরী করার জন্য, কাগজে প্রলেপ দেওয়ার জন্য এবং চর্মশিল্পে ও অগ্নি নির্বাপকের কাজেও ব্যবহার করা হয়।

অ্যালুমিনিয়াম সনাক্তকরণ (Test or identification) : (i) সোডিয়াম কার্বনেটের (Na_2CO_3) সঙ্গে মিশাইয়া যে-কোন অ্যালুমিনিয়াম যৌগ (ফসফেট ব্যতীত) চারকোল-পিণ্ডে রাখিয়া অদীপ্ত জারণ শিখায় (oxidising flame) উত্তপ্ত করিলে চারকোল-পিণ্ডের গায়ে এক রকম উজ্জ্বল সাদা অবশেষ থাকে। এই অবশেষের উপরে কয়েকটি ফোঁটা কোবল্ট নাইট্রেট ফেলিয়া অদীপ্ত জারণশিখায় পুনরায় উত্তপ্ত করিলে সাদা অবশেষ নীল হইয়া যায়। এরূপ নীলবর্ণকে বিক্রিয়াটির আবিষ্কারকের নামানুযায়ী '**থেনার্ড ব্লু**' বলা হয়।

(ii) অ্যালুমিনিয়ামের যে-কোন লবণের ক্ষার দ্রবণ ($NaOH$, KOH বা NH_4OH) মিশাইলে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড [$Al(OH)_3$] অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহা অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl) দ্রবণে দ্রবীভূত হয় না, কিন্তু অতিরিক্ত ক্ষারে ইহা [$Al(OH)_3$] দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl) মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে আবার হাইড্রক্সাইড যৌগ [$Al(OH)_3$] অধঃক্ষিপ্ত হয়।

Questions to be discussed

1. What are the natural ores of Aluminium ? What ore is used for its extraction ? Describe the principle of extraction and purification of aluminium.

2. How natural bauxite can be purified ? Under what condition H_2SO_4 has no reaction on alumina ? How would you prepare aluminium chloride ? What are its uses ? What is the reaction of HCl on alumina ?

3. What are the reaction of aluminium with (i) Air, (ii) Caustic Soda ; (iii) Nitrogen ; (iv) Ferric oxide on heating ? Give equation.

4. Write short notes on : alum, alumina and thermit process. What are the important alloys of aluminium ? What are their uses ? What is the use of thermit process.

6. How would you prepare chloride, nitrate and sulphate of aluminium from bauxite ? Can you prepare carbonate of

aluminium ? What is the reaction of nitric acid, caustic soda and water on aluminium ?

7. What happens when—(i) a piece of aluminium is dipped in copper sulphate solution, (ii) aluminium chloride solution tests acidic, (iii) aluminium sulphate and ammonium sulphate solutions are mixed together, (iv) alumina is treated with caustic soda, (v) aluminium sulphate is treated with ammonium hydroxide and then ammonium chloride is added to it and (vi) aluminium treated with caustic soda, (vii) aluminium treated with nitric acid, (viii) alumina treated with carbon, (ix) alumina treated with hydrochloric acid, (x) aluminium hydroxide heated at 800°C and then treated with sulphuric acid, (xi) aluminium sulphate solution mixed with aluminium hydroxide ? Give equation where necessary.

8. How is aluminium extracted from bauxite ? State three of its chemical properties and two of its industrial uses. What is "Thermit" process ? [*H. S. Exam. 1960*]

9. Starting from bauxite how would you prepare :—

(*a*) Pure aluminium oxide, (*b*) Metallic aluminium, (*c*) Aluminium sulphate, (*d*) Anhydrous aluminium chloride. Give equations, (*e*) what is the action of water on (*d*).

[*H. S. Exam. 1964* ; *1961*]

10. Describe how aluminium is extracted from bauxite. State four of its properties. What is thermit and what are its uses ? State two other uses of aluminium ? [*H. S. 1962 (Comp)*

Write short notes on Thermit. [*H. S. 1962*]

১৪

লেড বা সীসা

প্রতীক চিহ্ন—Pb, পারমাণবিক গুরুত্ব—207, যোজ্যতা প্রধানত—2

পরিচয়ঃ ধাতুরূপে লেড বা সীসার পরিচয় প্রাচীনকালেও জানা ছিল। মিসরবাসীরা যে সীসার ব্যবহার জানিত তার প্রমাণ মিসরের খ্রীষ্টপূর্ব সাড়ে তিন হাজার বৎসরের আগেকার সীসার পাত্র ও মূর্তি। পরে গ্রীক ও রোমানরা পাত্র, মূর্তি ও জলের নল তৈরী করার জন্য এবং গীর্জার ছাদ নির্মাণে প্রচুর পরিমাণে সীসার ব্যবহার আরম্ভ করে। ভারতের অথর্ববেদে, আয়ুর্বেদে 'সীসক' শব্দের উল্লেখ পাওয়া যায়। বৃটেনে প্রথম শতাব্দীতে খনি হইতে সীসার আকরিক তোলা হইত। সীসার বৃহত্তম খনি ব্রহ্ম দেশের শান অঞ্চলে অবস্থিত। লেড পেন্সিলের সীস আগে সীসা দ্বারা তৈরী হইত। এখন তৈরী হয় কার্বনের রূপভেদে গ্রাফাইট দ্বারা। কিন্তু নাম এখনও লেড পেন্সিলই রহিয়া গিয়াছে। লেডের ল্যাটিন নাম **প্লামবাম** (plumbum); সেই মূল নাম অনুযায়ী সীসার প্রতীক চিহ্ন লেখা হয়—Pb.

প্রাকৃতিক আকরিক (Natural ores): লেডের প্রধান আকরিক গ্যালেনা বা লেড সালফাইড। ইহা ছাড়া অন্যান্য আকরিকও আছে। প্রকৃতিতে অল্প পরিমাণে সীসা মৌল ধাতুরূপেও পাওয়া যায়। সীসার প্রধান আকরিক:

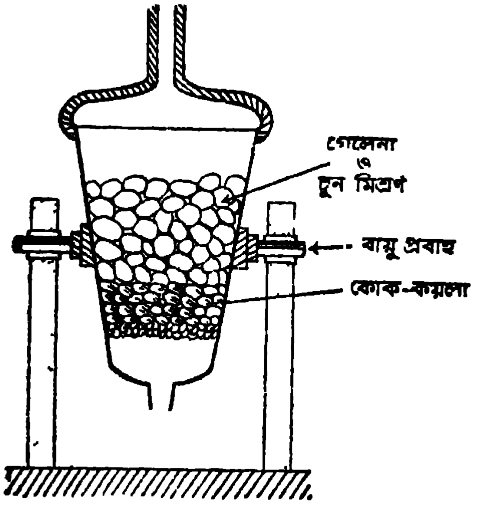
(i) **সালফাইড ঃ** গ্যালেনা (Galena)—PbS,
(ii) **সালফেট ঃ** অ্যাংগলিসাইট (Anglecite)—$PbSO_4$;
(iii) **মিশ্রযৌগ ঃ** লেনারকাইট (Lanerkite)—$PbSO_4,PbO$
পাইরো-মরফাইট (Pyro-morphite)—$3Pb_3(PO_4)_2,PbCl_2$;
(iv) **কার্বনেট ঃ** সেরুসাইট (Cerussite)—$PbCO_3$,
(v) **ক্লোরাইড ঃ** ম্যাটলোকাইট (Matlokite)—$PbCl_2,PbO$;
(vi) **ক্রোমেট ঃ** ক্রোকোইসাইট (Crocoisite)—$PbCrO_4$;

লেড বা সীসার নিষ্কাশন

(Extraction of Lead)

পূর্বে একমাত্র স্বতঃবিজারণ পদ্ধতিতে গ্যালেনা বা লেড সালফাইড (PbS) হইতে লেড বা সীসা নিষ্কাশিত করা হইত। এখন কার্বন-বিজারণ পদ্ধতিতেও লেড নিষ্কাশিত করা হয়।

1. **স্বতঃ-বিজারণ পদ্ধতির মূল রাসায়নিক তত্ত্ব** (Chemical principle of Self-reduction process):



গ্যালেনাব জাবণ পদ্ধতি

(i) স্বতঃ-বিজারণ পদ্ধতিতে লেড নিষ্কাশনের জন্য গ্যালেনা অর্থাৎ, লেড সালফাইডকে (PbS) প্রথম পর্যায়ে নিয়ন্ত্রিত বায়ুপ্রবাহের সাহায্যে বিশেষ ধরনের চুল্লীতে অকসিডাইজড্ বা জাবিত কবিয়া আংশিক পবিমাণে লেড অক্সাইড (PbO) ও লেড সালফেট ($PbSO_4$) যৌগে পবিণত করা হয়। যথা:

$$2PbS + 3O_2 = 2PbO + 2SO_2\uparrow$$

$$PbS + 2O_2 = PbSO_4$$

(ii) দ্বিতীয় পর্যায়েব বিক্রিয়ায় আংশিক পরিমাণ লেড সালফাইড হইতে উৎপন্ন এই লেড অক্সাইড ও লেড সালফেট অজাবিত অবশিষ্ট লেড সালফাইডকে উচ্চ তাপে স্বতঃবিজারিত (self-reduction) কবিয়া লেড বা সীসা নিষ্কাশিত কবে। যথা:

$$2PbO + PbS = 3Pb + SO_2\uparrow$$

$$PbSO_4 + PbS = 2Pb + 2SO_2\uparrow$$

(iii) দ্বিতীয় পর্যায়ে স্বতঃবিজাবণ বিক্রিয়ার আগে কিছু কোকচূর্ণ (C), কুইকলাইম (CaO) এবং হিমাটাইট জাতীয় লৌহ আকরিক (Fe_2O_3) লেড যৌগের আংশিক জাবিত মিশ্রণেব সঙ্গে প্রধানত বিগালক (flux) রূপে মিশ্রিত কবা হয়। কোক লেড অক্সাইড বিজারণে এবং ক্যালসিয়াম অকসাইড

আকরিকে অবস্থিত সিলিকার সঙ্গে সিলিকেট [$CaO+SiO_2=CaSiO_3$] গঠন করিয়া বিজারণ বিক্রিয়ায় সাহায্য করে।

(iv) স্বতঃজারণের পরেও প্রায় 10% লেড যৌগ (PbO, $PbSO_4$, PbS, $PbSiO_3$) অবিজারিত থাকিয়া যায়। পুনরায় কিছু কোকচূর্ণ, লাইম বা পোড়াচুন ও হিমাটাইট এই অবিজারিত লেড যৌগের সঙ্গে মিশ্রিত এবং তপ্ত বায়ুর সাহায্যে উত্তপ্ত করিয়া লেড নিষ্কাশন সম্পূর্ণ করা হয়। বিক্রিয়া ঘটে অনুরূপভাবে:

$$PbSiO_3+CaO = CaSiO_3+Pb$$

$$PbO+C = Pb+CO\uparrow ;\ 2C+O_2 = 2CO\uparrow$$

$$PbO+CO = Pb+CO_2\uparrow ,$$

$$2PbS+Fe_2O_3+3C = 2FeS+2Pb+3CO\uparrow$$

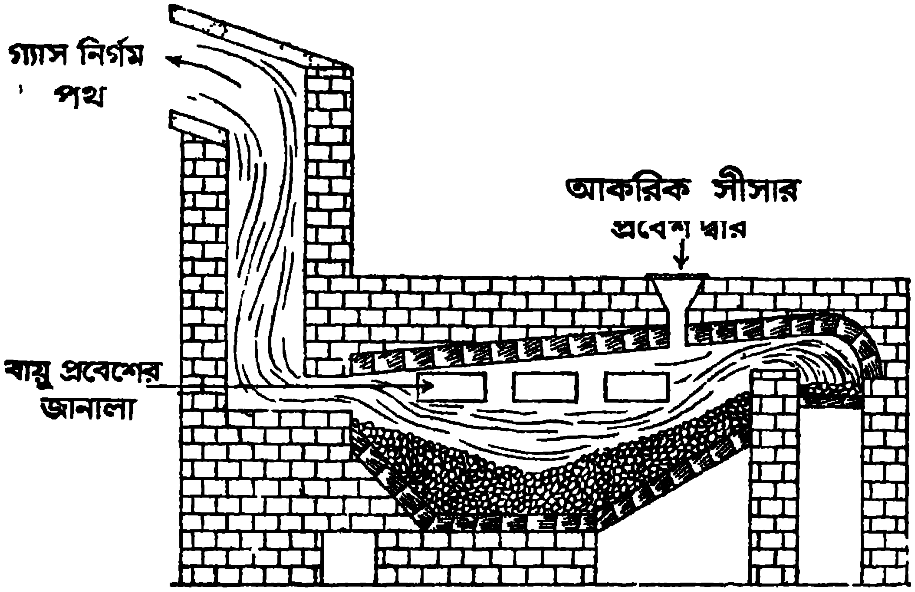
নিষ্কাশন পদ্ধতির বিবরণ (Extraction process)

(i) **আকরিক গাঢ়ীকরণ** (Concentration): সীসার আকরিকের তথা গ্যালেনার সঙ্গে বালু, কাঁকর ও অন্যান্য যে-সব ময়লা থাকে গ্যালেনা বিচূর্ণ করিয়া প্রথমে পাইন তেলের সাহায্যে বিধৌত করিয়া তাহা অপসারিত করা হয়। ফেনার সঙ্গে আকরিক চূর্ণ উপরে ভাসিয়া ওঠে এবং বালু ও কাঁকর নিচে পড়িয়া যায়।

(ii) **আংশিক বায়ু-জারণ** (Partial roasting): এই বিধৌত গ্যালেনা **পরাবর্ত** বা **রিভারবারেটরী চুল্লীতে** নিয়ন্ত্রিত বায়ুপ্রবাহের সাহায্যে আংশিকভাবে জারিত (oxidised) করা হয়। এরূপ জারণে আংশিক পরিমাণে গ্যালেনা (PbS) হইতে তৈরী হয় লেড মনোক্সাইড (PbO) ও লেড সালফেট ($PbSO_4$)।

(iii) **স্বতঃবিজারণ** (Self-reduction): লেডের সঙ্গে মিশ্রিত ময়লা ধাতুমলরূপে নিষ্কাশন করার জন্য এই আংশিক জারিত গ্যালেনার সঙ্গে কোক, পোড়া চুন (CaO) ও হিমাটাইট (Fe_2O_3) মিশ্রিত করা হয়। এই পোড়া চুন **বিগালকের** (flux) কাজ করে। বিগালক মিশ্রিত করার পরে পরাবর্ত চুল্লীতে বায়ুপ্রবাহ চালানো বন্ধ করিয়া চুল্লীর তাপমাত্রা বৃদ্ধি করা হয়। তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে লেড অক্সাইড (PbO) এবং লেড সালফেট ($PbSO_4$)

অবশিষ্ট গ্যালেনা বা লেড সালফাইডের অজারিত (unoxidised PbS)



পরাবর্ত চুল্লীতে সীসার স্বতঃবিজারণ

অংশের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া লেড বা সীসা নিষ্কাশিত করিয়া দেয়। এই সীসা পরাবর্ত চুল্লীর নালাপথে বিগলিত ধাতু রূপে বাহির হইয়া যায়।

2. কার্বন-বিজারণ পদ্ধতি (Carbon-reduction process)

স্বতঃ-বিজারণের পরিবর্তে বর্তমানে সরাসরিভাবে কার্বন-বিজারণ পন্থায় অনেক ক্ষেত্রে লেড নিষ্কাশিত করা হয়। যে গেলেনা আকরিকে অতি-মাত্রায় ময়লা থাকে সাধারণত সেরূপ আকরিক এই পদ্ধতিতে ব্যবহৃত হয়।

মূল রাসায়নিক তত্ত্ব (Chemistry of Reduction Process):
(i) গ্যালেনা অর্থাৎ লেড সালফাইডকে সম্পূর্ণভাবে বায়ুপ্রবাহের সাহায্যে জারিত করিয়া প্রথম পর্যায়ে লেড অক্সাইডে পরিণত করা হয়। যথা:

$$2PbS+3O_2 = 2PbO+2SO_2\uparrow$$

(ii) দ্বিতীয় পর্যায়ে এই লেড অক্সাইডের সঙ্গে কার্বন (C) মিশ্রিত করিয়া ধাতুর অক্সাইডকে উচ্চ তাপে বিজারিত করা হয়। এরূপ বিজারণের ফলে সীসার অক্সাইড হইতে ধাতুরূপে সীসা নিষ্কাশিত হয়। যথা:

$$PbO+C = Pb+CO\uparrow$$

(iii) লেড নিষ্কাশন সম্পূর্ণ করার জন্য প্রথম পর্যায়ে বায়ু-জারণের পূর্বে গেলেনা আকরিকের সঙ্গে চুনা পাথর ($CaCO_3$), এবং কোয়ার্টজ জাতীয় সিলিকা (SiO_2) মিশ্রিত করা হয়। ইহার ফলে বায়ু-জারণে আংশিক-

ভাবে যে লেড সালফেট তৈরী হয় তাহা লেড সিলিকেটে ($PbSiO_3$) পরিণত হয়। চুনা পাথর হইতে উৎপন্ন পোড়া চুন (CaO) এই সিলিকেটকে লেড অক্সাইডে পরিণত করে এবং ইহা কার্বন দ্বারা বিজারিত হইয়া লেড ধাতুতে পরিণত হয়। যথা :

$$PbS+2O_2 = PbSO_4\ ;\ CaCO_3 = CaO+CO_2\uparrow$$

$$2PbSO_4+2SiO_2 = 2PbSiO_3+2SO_2\uparrow+O_2\uparrow$$

$$PbSiO_3+CaO = CaSiO_3+PbO$$

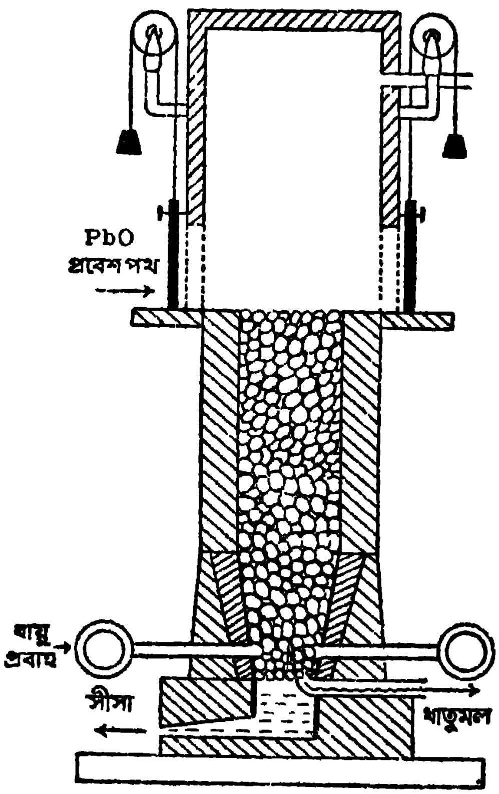
$$PbO+C = Pb+CO\uparrow$$

$$PbO+CO = Pb+CO_2\uparrow$$

চুল্লীর নিচের স্তরে অশোধিত লেড জমা হয়।

পদ্ধতির বিবরণ (Extraction process) :

(i) **আকরিক গাঢ়ীকরণ** (Concentration) : প্রথমে তেল-জল মিশ্রণের সাহায্যে বিধৌত করিয়া গ্যালেনা বা লেড সালফাইড চূর্ণ হইতে বালু, কাকর ইত্যাদি মুক্ত করা হয়।



লেড বিজারণের মারুৎ-চুল্লী

(ii) **বায়ু-জারণ** (Roasting) : বিধৌতে গ্যালেনার সঙ্গে অল্প পরিমাণে পোড়া চুন (CaO) ও সিলিকা (SiO_2) ও কয়লা মিশ্রিত করা হয়। এই মিশ্রণ একটি অল্প আয়তনের আবদ্ধ পাত্রে ভরা হয়। পাত্রটির নিচে একটি নলাকার বায়ু প্রবেশের পথ থাকে। লেড আকরিক-পূর্ণ পাত্রটির মধ্যে বায়ুপ্রবেশ পথে উত্তপ্ত বায়ু-প্রবাহ চালানো হয়। এই বায়ু প্রবাহ গ্যালেনা বা লেড-সালফাইডকে লেড অক্সাইডে পরিণত করে। বিক্রিয়ার উত্তাপের ফলে এই লেড অক্সাইড গলিয়া যায় এবং লেড অক্সাইড পাত্র হইতে নির্গত হইয়া খণ্ড খণ্ড দানায় পরিণত হয়।

(iii) **কার্বন-বিজারণ** (Carbon reduction) : এই লেড-অক্সাইড দানার সঙ্গে কোক-কার্বন এবং অল্প পরিমাণে লোহার অক্সাইড চূর্ণ মিশ্রিত করা হয়। লেড-অকসাইড, কোক অর্থাৎ অঙ্গার ও লোহার অক্সাইডের মিশ্রণের সঙ্গে বিগালকরূপে কিছু পোড়া চুনও মিশানো হয়। পোড়া চুন ময়লা নিষ্কাশনের (flux) কাজ করে।

এই মিশ্রণ **মারুৎ-চুল্লী** (blast furnace) নামের এক বিশেষ ধরনের চুল্লীতে পূর্ণ করা হয়। এই চুল্লীতে বায়ুপ্রবাহের উত্তপ্ত বাত্যা চালাইয়া কোকের কার্বন দ্বারা লেড অক্সাইড বিজারিত করিয়া লেড নিষ্কাশিত করা হয়।

প্রাথমিক বিজারণ বিক্রিয়ায় কার্বন (C) লেড-অক্সাইডকে বিজারিত করে। এরূপ বিজারণ বিক্রিয়ায় কার্বন মনোক্সাইড (CO) তৈরী হয়। এই কার্বন মনোক্সাইড গ্যাসও পরে বিজারণ ক্রিয়ার সাহায্য করে। বিক্রিয়া দুইটি ঘটে এইভাবে :

$$\text{(i)}\quad PbO+C = Pb+CO\uparrow$$

$$\text{(ii)}\quad PbO+CO = Pb+CO_2\uparrow$$

প্রথম পর্যায়ের বায়ু-জারণের সময় যদি গ্যালেনার (PbS) কোন অংশ অজারিত থাকিয়া যায় তবে লোহার অক্সাইড তাহা বিজারিত করিয়া দেয়। যথা :

$$2PbS+Fe_2O_3+3C = 2Pb+2FeS+3CO\uparrow$$

এই লেড বা সীসা গলিত অবস্থায় মারুত চুল্লীর তলদেশে অবস্থিত নির্গম-দ্বারের পথে বাহির হইয়া যায়।

পোড়া চুন (CaO) সিলিকা জাতীয় ময়লা ধাতুমলরূপে নিষ্কাশিত করিয়া দেয়।

সীসা পরিশোধন বা নম্রকরণ

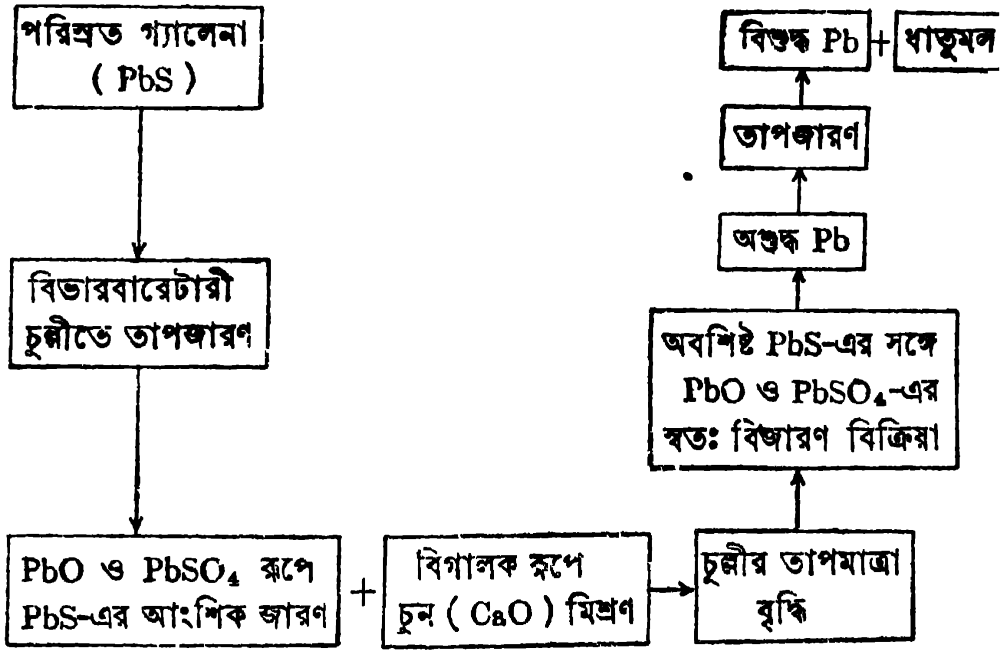
(Purification or Softening of Lead)

স্বতঃবিজারণ বা কার্বন-বিজারণ পদ্ধতিতে যে-সীসা পাওয়া যায় তাহা শক্ত। কারণ, এরূপ সীসার সঙ্গে রূপা, তামা, লোহা, জিংক, আরসেনিক অ্যান্টিমনি, বিসমাথ, সালফার ইত্যাদি পদার্থ স্বল্প পরিমাণে মিশ্রিত থাকে। (i) অবিশুদ্ধ সীসা পরাবর্ত চুল্লীতে বায়ুর সংস্পর্শে জারিত করা হয়। এরূপ প্রক্রিয়ায় মল বা ময়লারূপে মিশ্রিত বিভিন্ন পদার্থ অক্সাইডে পরিণত হইয়া

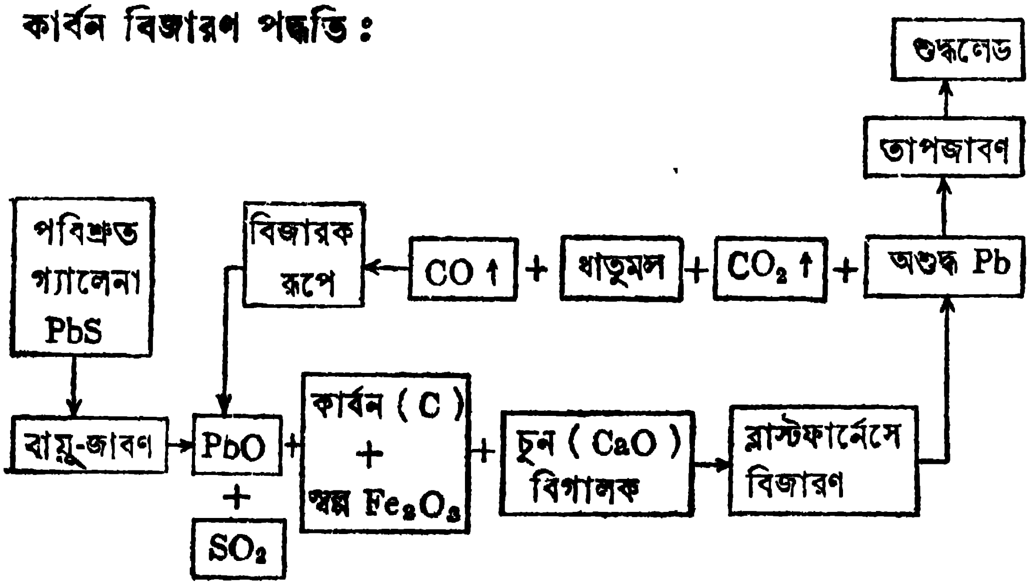
সরের আকারে সীসার উপরে ভাসিয়া উঠে। এরূপ ধাতুমল (slag) অপসারিত করা হয়। এইভাবে বিশুদ্ধ করার পরেও সীসার মধ্যে রূপা, বিসমাথ, অ্যান্টিমনি ও কপার মিশ্রিত থাকে। অশুদ্ধ কঠিন সীসাকে বিশুদ্ধ করা হইলে সীসা (লেড) নরম হইয়া যায়।

লেড নিষ্কাশন

স্বতঃ বিজারণ পদ্ধতি :


পরিস্রুত গ্যালেনা (PbS)
বিভারবারেটারী চুল্লীতে তাপজারণ
PbO ও $PbSO_4$ রূপে PbS-এর আংশিক জারণ
+
বিগালক রূপে চুন (CaO) মিশ্রণ
চুল্লীর তাপমাত্রা বৃদ্ধি
অবশিষ্ট PbS-এর সঙ্গে PbO ও $PbSO_4$-এর স্বতঃ বিজারণ বিক্রিয়া
অশুদ্ধ Pb
তাপজারণ
বিশুদ্ধ Pb
+
ধাতুমল

কার্বন বিজারণ পদ্ধতি :



(ii) দ্বিতীয় পর্যায়ে অশুদ্ধ সীসার ব্লক অ্যানোডরূপে এবং বিশুদ্ধ সীসা (লেড) ক্যাথোডরূপে জিলেটিন যুক্ত লেড সিলিকো ফ্লোরাইড ($PbSiF_6$) ও হাইড্রো-ফ্লো-সিলিসিক অ্যাসিড (H_2SiF_6) মিশ্রণ ইলেকট্রোলাইট রূপে ব্যবহার করিয়া তড়িদবিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে বিশুদ্ধ লেড সঞ্চিত হয় এবং রূপা, তামা, বিসমাথ অ্যান্টিমনি ইত্যাদি অ্যানোডের তলায় 'গাঁদ'রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহাকে **বেট পদ্ধতি** বলা হয়।

সীসা বা লেডের ধর্ম

ভৌত ধর্ম (Physical properties) : (i) লেড বা সীসা একটি নীলাভ ধূসর ধাতু। (ii) সদা ব্যবহৃত বিভিন্ন ধাতুর মধ্যে লেড সবচেয়ে ভারী, ইহার ঘনত্ব—11·4, ইহার গলনাংক 327°C. কিন্তু লেড সবচেয়ে নরম এবং ইহা সবচেয়ে স্বল্প তাপে বিগলিত করা যায়। (iii) ইহা সম্প্রসারণশীল।

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical properties) : (i) **বায়ুর ক্রিয়া** (Action of air) : (ক) লেড বা সীসার উপরে অনার্দ্র বায়ুর কোন বিক্রিয়া নাই। (খ) আর্দ্র বায়ু সীসার গায়ে লেড অক্সাইড এবং শেষ পর্যন্ত ক্ষারকীয় লেড কার্বনেট গঠন করে। (গ) তপ্ত বায়ুতে দহনের ফলে লেড প্রথমে লিথার্জ (PbO) নামক লেড অক্সাইডে এবং পরে 'রেড লেড' বা লাল সীসা নামের উচ্চতর অক্সাইডে (Pb_3O_4) পরিণত হয়। যথা :

$$2Pb+O_2 = 2PbO\ ,\ PbO+H_2O = Pb(OH)_2$$

$$2Pb(OH)_2+CO_2 = PbCO_3,\ Pb(OH)_2+H_2O$$

$$2Pb+O_2 = 2PbO\ ;\ 6PbO+O_2 = 2Pb_3O_4$$

(ii) **জলের ক্রিয়া** (Action of water) : বায়ু-মুক্ত জলের সঙ্গে লেডের কোন বিক্রিয়া ঘটে না। কিন্তু বায়ু-মিশ্রিত জলের সঙ্গে লেডের বিক্রিয়ায় লেড হাইড্রক্সাইড গঠিত হয়। ইহা জলে সামান্য দ্রবণীয়। যথা :

$$2Pb+O_2+2H_2O = 2Pb(OH)_2$$

(iii) **অ্যাসিডের ক্রিয়া** (Action of acid) : লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিড লেডের উপরে বিক্রিয়াহীন। কিন্তু ঘন ও তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিড লেডের উপরে বিক্রিয়া ঘটাইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। কিন্তু ঘন ও তপ্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ধীরে ধীরে বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। যথা :

$$Pb+2H_2SO_4\ (\text{ঘন ও তপ্ত}) = PbSO_4+2H_2O+SO_2$$

$$Pb+2HCl\ (\text{ঘন ও তপ্ত}) = PbCl_2+H_2$$

লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড সীসা আক্রমণে অক্ষম। ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড 200°C তাপাংকের নীচে লেডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইতে অক্ষম। তাই সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনে ধাতব লেডের তৈরী কক্ষ ব্যবহার করা হয় এবং লেডের তৈরী পাত্রে সালফিউরিক অ্যাসিড রাখা যায়।

লঘু বা ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড লেডের উপরে দ্রুত বিক্রিয়া ঘটায়। বিক্রিয়া :

$$3Pb+8HNO_3\ (\text{লঘু}) = 3Pb(NO_3)_2+2NO+4H_2O$$

(iv) **ক্ষারের বিক্রিয়া** (Action of alkali): তপ্ত কষ্টিক সোডার সঙ্গে লেডের মন্থর গতিতে বিক্রিয়া ঘটে এবং প্লাম্বাইট যৌগ গঠিত হয়। যথা :

$$Pb+2NaOH = Na_2PbO_2+H_2\uparrow$$

(v) **ক্লোরিন ও সালফারের বিক্রিয়া** (Action of non-metal): ক্লোরিন ও সালফার লেডের সঙ্গে প্রত্যক্ষভাবে সংযুক্ত হইয়া লেড ক্লোরাইড ($PbCl_2$) ও লেড সালফাইড (PbS) গঠন করে।

$$Pb+Cl_2=PbCl_2\ ;\ Pb+S = PbS$$

(vi) **জিংক দ্বারা প্রতিস্থাপন** (Displacement reactions): জিংকের স্থান তড়িৎ-রাসায়নিক তালিকায় সীসার চেয়ে উচ্চে বলিয়া লেড তথা সীসার যৌগের দ্রবণের মধ্যে জিংক দণ্ড ঝুলাইয়া রাখিলে জিংকের গায় স্ফটিকাকারে সীসা জমিয়া উঠে। সঞ্চিত সীসার এইরূপ আকৃতিকে বলা হয় '**সীসার গাছ**' (lead-tree)। সীসা প্রতিস্থাপনের বিক্রিয়া :

$$Pb(NO_3)_2+Zn = Zn(NO_3)_2+Pb\downarrow$$

লেডের ব্যবহার : (i) সীসা আর্দ্র বায়ুর সংস্পর্শে লেড কার্বনেটের প্রলেপ তৈরী করে। তাই জল-বায়ুর প্রকোপ হইতে রক্ষা করিবার জন্য ছাদ ঢালাইয়ের কাজে ইহা ব্যবহার করা হয়। (ii) স্টোরেজ ব্যাটারীর প্লেট (iii) সালফিউরিক অ্যাসিডের কারখানায় লেড চেম্বারের দেওয়াল নির্মাণে, (iv) বিভিন্ন বাষ্পীকরণ পাত্র, চৌবাচ্চা, কামান-বন্দুকের গোলা, গ্যাস ও জলের পাইপ, বৈদ্যুতিক তারের আচ্ছাদন, (vi) মুদ্রণ যন্ত্রের টাইপ, (vii) বিভিন্ন ধাতু-সংকর (টাইপ মেটাল, ঝালাই, ব্রোঞ্জ ইত্যাদি) এবং চারুশিল্পে পাত্র ও মূর্তি তৈরী করার জন্যও লেড বা সীসা ব্যবহার করা হয়। (vii) লিথার্জ ও রেড লেড (যাহা কাচ শিল্পে ব্যবহৃত হয়) উৎপাদনেও লেড প্রয়োজন হয়।

সীসার বিষক্রিয়া (Lead poisoning): বায়ুমিশ্রিত জলে লেড দ্রবীভূত হয়। কিন্তু জলে যদি কোন ধাতুর কার্বনেট বা সালফেট লবণ মিশ্রিত

থাকে তবে লেডের গায়ে এক প্রকার পর্দা পড়ে এবং ইহা জলের মধ্যে সীসার দ্রবণ-ক্রিয়া প্রতিরোধ করে। লেড বিষাক্ত এবং লেডের বিক্রিয়া ধীরে ধীরে ঘটে। যারা সীসা লইয়া দীর্ঘদিন কাজ করে অনেক সময় তাদের দাঁতের মাড়িতে এক রকম নীলাভ দাগ পড়িতে দেখা যায়।

সীসার ধাতু-সংকর (Alloys) **:** সীসার ধাতু-সংকর ছাপার টাইপ বা ব্লক তৈরী করার জন্য এবং ঝালাইয়ের কাজে ব্যবহার করা হয়।

ধাতু-সংকর	**উপাদান ও অনুপাত**	**ব্যবহার**
টাইপ মেটাল (type-metal)	Pb : 80 : Sb : 15 : Sn : 5	ছাপার টাইপ
পিউটার (pewters)	Pb : 20 . Sn : 80	জলপাত্র নির্মাণ
ঝালাই (soft or common solder)	Pb : 50 Sn : 50	ঝালাইয়ের কাজ

লেডের প্রধান যৌগসমূহ

(i) **লেড অক্সাইড :** Pb-মনোকসাইড (লিথার্জ)—PbO , রেড লেড বা 'লাল সীসা'—Pb_3O_4 , লেড পারক্সাইড—PbO_2 , লেড সেসকিউই অক্সাইড—Pb_2O_3

(ii) **লেড হাইড্রক্সাইড** [$Pb(OH)_2$] **:** যে কোন দ্রবণীয় লেড লবণের সঙ্গে ক্ষারের বিক্রিয়ায় ইহা তৈরী হয়। যথা :

$$PbCl_2 + 2NaOH = Pb(OH)_2 + 2NaCl$$

(iii) **লেড ক্লোরাইড** ($PbCl_2$) **:** লিথার্জ, লেড কার্বনেট বা যে-কোন দ্রবণীয় লেড লবণের সঙ্গে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ইহা তৈরী হয়। যথা :

$$PbO + 2HCl = PbCl_2 + H_2O$$

(iv) **লেড সালফেট** ($PbSO_4$) **:** যে-কোন দ্রবণীয় লেড লবণের সঙ্গে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া অদ্রবণীয় লেড সালফেট তৈরী করা যায়। যথা :

$$PbCl_2 + H_2SO_4 = PbSO_4 + 2HCl$$

(v) **লেড নাইট্রেট** [$Pb(NO_3)_2$] **:** তপ্ত ও ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে লিথার্জের বিক্রিয়ায় লেড নাইট্রেট তৈরী হয়। ইহা একটি বিস্ফোরক পদার্থ। যথা :

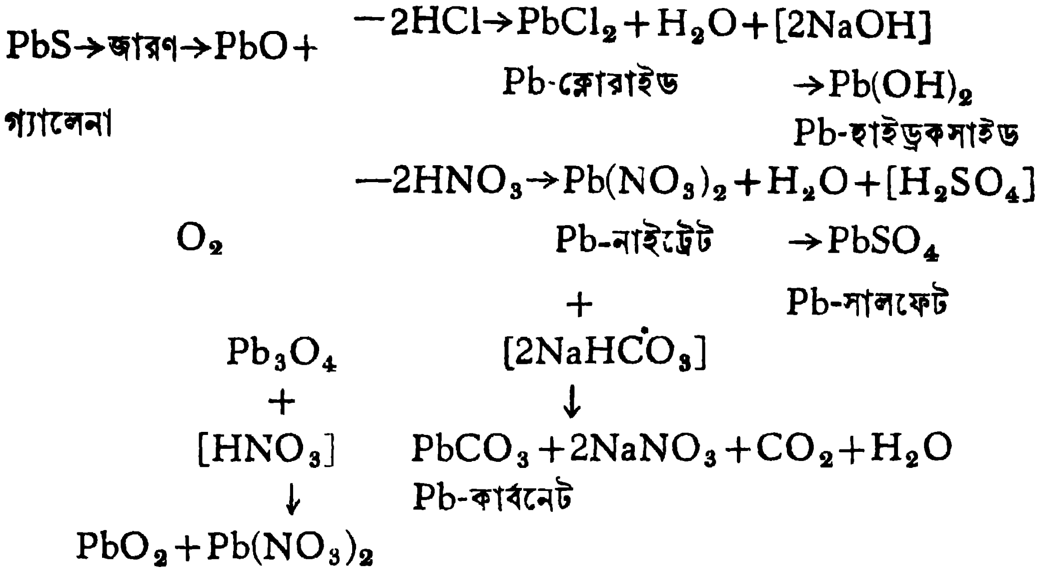
$$PbO + 2HNO_3 = Pb(NO_3)_2 + H_2O$$

(vi) **লেড কার্বনেট** ($PbCO_3$) : লেড নাইট্রেটের সঙ্গে সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের বিক্রিয়ায় লেড কার্বনেট তৈরী হয়। যথা :

$$Pb(NO_3)_2+2NaHCO_3=PbCO_3+2NaNO_3+H_2O+CO_2$$

প্রাকৃতিক আকরিক হইতে অন্যান্য যৌগ গঠন

(Different compounds from a natural ore)



লেডের বৈশিষ্ট্য

(i) লেড পাঁচরকম অক্সাইড গঠন করে। যথা :

(1) লেড সাব-অক্সাইড (Pb_2O) , (2) লেড মনোক্সাইড (PbO) বা লিথার্জ , (3) লেড সেসকিউই-অক্সাইড (Pb_2O_3) , (4) রেড লেড বা লেড টেট্রকসাইড (Pb_3O_4) , (5) লেড ডাই-অক্সাইড বা লেড পারক্সাইড (PbO_2) এরূপ বিভিন্ন যৌগে লেডের যোজ্যতা বিভিন্ন।

(ii) লেডের অক্সাইড অ্যাসিড ও ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায় বলিয়া ইহা উভধর্মী অক্সাইড। (বিক্রিয়া পরে দ্রষ্টব্য)

(iii) লেড পারক্সাইড ও লেড নাইট্রেট বিস্ফোরক দ্রব্য।

(iv) লেডের যৌগগুলি জলে স্বল্প দ্রবণীয়। লেড ক্লোরাইড ($PbCl_2$) শীতল জলে অদ্রবণীয়, গরম জলে দ্রবণীয়। লেড নাইট্রেট জলে দ্রবণীয়। লেড সালফেট ($PbSO_4$) অদ্রবণীয়।

(v) রেড লেড ও লেড পারক্সাইড হাইড্রোক্লোরিক ও সালফিউরিক অ্যাসিডের (HCl ও H_2SO_4) বিক্রিয়ায় ক্লোরিন ও অক্সিজেন (Cl_2 ও O_2) উৎপন্ন করে। [বিক্রিয়া পরে দ্রষ্টব্য]

(vi) লেডের অক্সাইড ও কার্বনেট রং ও পেইন্ট রূপে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

কয়েকটি বিশিষ্ট যৌগ

লিথার্জ ও রেড লেড : লেড মনোকসাইডকে (PbO) লাল সীসা বা রেড লেড বলা হয়।

(ক) **লিথার্জ** (Litharge) : লেড বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে অপেক্ষাকৃত নিম্ন তাপাংকে প্রথমে হলুদবর্ণের পাউডার তৈবী হয়। ইহাকে বলা হয় **'ম্যাসিকট'** (Massicot)। এই ম্যাসিকট অথবা লেড অক্সাইড প্রায় 900°C তাপাংকে বিগলিত করিয়া উচ্চতাপে উত্তপ্ত করিলে রক্তিম-হরিদ্রাভ বর্ণের **লিথার্জ** (PbO) তৈরী হয়। লেড মনোক্সাইড (PbO) অনিয়তাকার ও স্ফটিকরূপে পাওয়া যায়। হলুদবর্ণের অনিয়তাকারকে **ম্যাসিকট** এবং রক্তিমাভ স্ফটিকাকারকে **লিথার্জ** বলা হয়। লেড মনোক্সাইডের হলুদ পাউডার 900°C তাপাংকে উত্তপ্ত করিলেই লিথার্জে পবিণত হয়।

ধর্ম : ইহা জলে অদ্রবণীয়। ইহা হাইড্রোক্লোরিক বা নাইট্রিক অ্যাসিডেব সঙ্গে লবণ এবং ক্ষারের সঙ্গে **প্লামবাইট** (Plumbite) যৌগ গঠন করে। যথা :

$$PbO + 2HCl = PbCl_2 + H_2O$$

$$PbO + 2HNO_3 = Pb(NO_3)_2 + H_2O$$

$$PbO + 2NaOH = \underset{\text{সোডিয়াম প্লামবাইট}}{Na_2PbO_2} + H_2O$$

ব্যবহার : লিথার্জ, ফ্লিণ্ট গ্লাস, পেইণ্ট ও ভার্নিশ এবং চীনা মাটির পাত্রে ব্যবহৃত গ্লেজ ও এনামেল (glaze and enamel) তৈরী করার জন্য ব্যবহার করা হয়। সীসার বিভিন্ন লবণ তৈরী করার জন্যও ইহা ব্যবহৃত হয়।

(খ) **রেড লেড** (Red lead) : (1) রেড লেড (Pb_3O_4) প্রকৃতপক্ষে লেড মনোক্সাইড (PbO) এবং লেড পারক্সাইডের (PbO_2) মিশ্র যৌগ ($Pb_3O_4 \rightarrow 2PbO, PbO_2$), লেডকে প্রথম উত্তপ্ত কবিয়া লেড মনোক্সাইডে পরিণত করা হয়। এই মনোক্সাইডকে পবাবর্ত চুল্লীতে অথবা কোন নলের আকারে গঠিত আবদ্ধ পাত্রের মধ্যে (400°C) তাপাংকে 48 ঘণ্টাব্যাপী উত্তপ্ত করিয়া রেড লেড তৈরী করা হয়। যথা :

$$6Pb+3O_2 = 6PbO \; ; \; 6PbO+ O_2 = 2Pb_3O_4$$

(ii) শ্বেত সীসা [Lead carbonate—$2PbCO_3, Pb(OH)_2$] বায়ুর স্রোতে উত্তপ্ত করিয়াও লাল সীসা বা রেড লেড তৈরী করা হয়।

ধর্ম: রেড লেড জলে অদ্রবণীয় এবং ইহা দেখিতে উজ্জ্বল লালাভ পাউডার। 450°C তাপাংকে ইহা (Pb_3O_4) অক্সিজেন ও লিথার্জে (PbO) পরিণত হয়। যথা:

$$2Pb_3O_4 \rightleftharpoons 6PbO + O_2$$

ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড লেড ক্লোরাইড ও ক্লোরিন, ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড, লেড সালফেট ও অক্সিজেন এবং লঘু বা ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড লেড নাইট্রেট ও বাদামী বর্ণের লেড পারক্সাইড গঠন করে। ইহা এক বিশেষ বিক্রিয়া। যথা:

$$\begin{aligned} Pb_3O_4 + 8HCl &= 3PbCl_2 + Cl_2\uparrow + 4H_2O \\ 2Pb_3O_4 + 6H_2SO_4 &= 6PbSO_4 + O_2\uparrow + 6H_2O \\ Pb_3O_4 + 4HNO_3 &= 2Pb(NO_3)_2 + PbO_2\uparrow + 2H_2O \end{aligned}$$

ব্যবহার: ফ্লিন্ট কাচ এবং তিসির তেলের সঙ্গে মিশাইয়া রং তৈরী করার জন্য রেড লেড প্রধানত ব্যবহার করা হয়। দেয়াশলাই তৈরীর জন্য ও সিন্দুররূপেও ব্যবহৃত হয়।

(গ) **লেড পারক্সাইড** (PbO_2): লেড পারক্সাইড তৈরী করা হয় রেড লেডের সঙ্গে নাইট্রিক অ্যাসিড বিকৃত করিয়া। ইহা (PbO_2) এত উগ্র বিজারক পদার্থ যে, সালফার এবং লেড পারক্সাইডের মিশ্রণ স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া উঠে এবং লাল ফসফরাস ও লেড পারক্সাইড একত্র মিশ্রিত করিলে বিস্ফোরণ ঘটে। ইহা ক্ষারের সঙ্গে **প্লামবেট** (Plumbate) যৌগ গঠন করে। যথা:

$$PbO_2 + 2NaOH = Na_2PbO_3\ (\text{Na-প্লাম্বেট}) + H_2O$$

লেড পারক্সাইড দিয়াশলাই তৈরী করার জন্য, জারক দ্রব্যরূপে এবং স্টোরেজ ব্যাটারীতে ব্যবহার করা হয়।

শ্বেত সীসা বা হোয়াইট লেড (White lead): শ্বেত সীসা বা লেডের ক্ষারকীয় কার্বনেট—$2PbCO_3, Pb(OH)_2$, ইহা ভিনিগার (অ্যাসিটিক অ্যাসিড), কার্বন ডাই-অক্সাইড ও লেডের বিক্রিয়ার তৈরী হয়। শ্বেত সীসা বা হোয়াইট লেড প্রচুর পরিমাণে রঙ ও পেইন্টরূপে ব্যবহৃত হয়। ইহা

বিষাক্ত এবং হাইড্রোজেনের সালফাইড (H_2S) গ্যাস ইহাকে বিবর্ণ করিয়া দেয়। ইহার লেপন ক্ষমতা অন্যান্য পেইন্টের চেয়ে বেশী। তাই জলবায়ুর প্রকোপ হইতে ধাতুর জিনিসপত্র রক্ষা করার জন্য ইহা পিগমেন্ট বা ঘন রং হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ইহা তিসির তেলের সঙ্গে মিশাইয়া রং হিসাবে ব্যবহার করা হয়, তৈলচিত্র অঙ্কনেও ব্যবহৃত হয়, কিন্তু হাইড্রোজেন সালফাইডের বিক্রিয়ায় ইহা কালো হইয়া যায়। এই রং বিষাক্ত।

লেড সনাক্তকরণ (Test): (i) লেডের যে-কোন যৌগ সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) যৌগের সঙ্গে মিশ্রিত করিয়া অঙ্গার পিণ্ডের গর্তে রাখিয়া ফুৎ-নলের সাহায্যে প্রদীপ্ত বিজারণ শিখায় উত্তপ্ত করিলে সীসার দানা নিষ্কাশিত হয় এবং ইহা দ্বারা কাগজে দাগ দেওয়া যায়।

(ii) লেডের যে-কোন দ্রবণীয় লবণের দ্রবণে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালিলে সাদা লেড ক্লোরাইড ($PbCl_2$) অধঃক্ষেপ পড়ে। এই লেড ক্লোরাইড ($PbCl_2$) গরম জলে দ্রবণীয়, ঠাণ্ডা জলে অদ্রবণীয়। ইহাকে শীতল করিলে সূচের মত তীক্ষ্ণ সাদা স্ফটিক বিচ্ছিন্ন হয়।

(iii) লেডের দ্রবণীয় লবণের দ্রবণের সঙ্গে পটাসিয়াম আয়োডাইড লবণ (KI) মিশ্রিত করিলে লেড আয়োডাইডের (PbI_2) হলুদ অধঃক্ষেপ পড়ে। ইহা গরম জলে দ্রবীভূত হয়, কিন্তু শীতল করিলে স্বর্ণাভ চকচকে অধঃক্ষেপ পড়ে।

(iv) পটাসিয়াম ক্রোমেট হলুদ বর্ণের লেড ক্রোমেট ($PbCrO_4$) অধঃক্ষেপ ফেলে।

Questions to be discussed

1. What are the natural sources of lead ? How would you extract lead ? What are the uses of lead ? How would you identify a soluble lead salt ?

2. What is meant by self-reduction ? How is this principle used for the extraction of lead ? Name a few important alloys of lead.

3. Write short notes on litharge, red lead, and white lead. What are their uses ? What are the reactions of HCl on litharge and red lead.

4. Starting with galena how would you prepare lead sulphate, lead chloride, and lead nitrate ? What happens when lead nitrate is strongly heated ? Give reactions.

5. What is softening of lead ? What are the reactions when ; (i) dil. HCl is added to lead, (ii) lead is heated with conc. H_2SO_4, (iii) zinc rod is dipped in lead nitrate solution, (iv) litharge is treated with conc. HCl, (v) red lead treated with HNO_3 (vi) lead peroxide and phosphorus mixed together, and (v) red lead heated strongly.

7. By what chemical reaction metallic lead is obtained from galena ? Describe methods for preparation of red lead and litharge.

What happens when red lead (*a*) is treated with dilute nitric acid and (*b*) strongly heated ?

Name the constituents of (*a*) soft solder, and (*b*) type metal.

[*H. S. 1963*]

7. Describe the chemical reactions involved in the extraction of lead from galena State four of its properties and two uses. How are litharge and red lead prepared ? Describe giving equations the action of nitric acid on these compounds

[*H. S. Exam.* (*comp*) *1960*]

8. Describe the preparation, properties and uses of the oxides of lead Describe the chemical reactions which is involved in the extraction of lead from galena. [*H. S. 1962*]

9. How litharge and red lead are prepared ? Give their formulæ. What is the action of dilute nitric acid on red lead ?

[*H. S. 1961*]

10. By what chemical reactions metallic lead is obtained from galena ? Describe methods for the preparation of red lead and litharge. What happens when red lead (*a*) is treated with dilute nitric acid, and (*b*) is strongly heated ? Name the constituents of (*a*) soft solder and (*b*) type metal. [*H. S. 1964*]

১৫

আয়রন বা লোহা

পরিচয়ঃ বিভিন্ন ধাতুর মধ্যে আয়রন বা লোহা সবচেয়ে প্রয়োজনীয়। অ্যালুমিনিয়ামের পরেই ভূ-স্তরের বস্তুরাশির মধ্যে লোহা পাওয়া যায় সবচেয়ে বেশি। লোহার ব্যবহার প্রচলিত হয় তামা ও ব্রোঞ্জের পরে। গ্রীসের প্রাচীন কবি হোমারের সময় পর্যন্ত লোহার মূল্য প্রায় সোনার সমান ছিল। সম্ভবত লোহা নিষ্কাশনের পদ্ধতি প্রাচীন ভারতে ও চীনে আবিষ্কৃত হয়। অনেকের মতে এশিয়া মাইনরের হিমাইটিস ও মেসোপোটেমিয়াতে প্রথম লোহা নিষ্কাশন পদ্ধতি আবিষ্কৃত হয়। 600 খ্রীষ্ট-পূর্বাব্দে অ্যাসিরিয়াতে লোহা নিষ্কাশিত হইত। রোমান যুগে 'ভারতীয় লোহা' ইয়োরোপে সুপ্রসিদ্ধ ছিল। ইস্পাত তৈরী করার পদ্ধতি ভারতবর্ষেই প্রথম উদ্ভাবিত হয়। পঞ্চদশ শতাব্দীর পূর্ব পর্যন্ত প্রচুর পরিমাণে লোহা উৎপাদন করা কষ্টসাধ্য ছিল। এই সময়ে জর্মানীতে প্রথম 'ব্লাস্ট ফার্নেস' পদ্ধতিতে লোহা নিষ্কাশনের বর্তমান পদ্ধতি উদ্ভাবিত হয়। ইস্পাত নির্মাণের বর্তমান **বিসিমার পদ্ধতি** মাত্র 1852 খ্রীষ্টাব্দে ইংলণ্ডে হেনরি বিসিমার কর্তৃক আবিষ্কৃত হয়। বর্তমানে পৃথিবীতে প্রতি বৎসর ইস্পাত তৈরী হয় প্রায় 2700 লক্ষ টন ল্যাটিন 'ফেরাম' (Ferium) শব্দ হইতে লোহার প্রতীক চিহ্ন হইয়াছে—Fe

ভারতে প্রচুর পরিমাণে উচ্চ শ্রেণীর হিমাটাইট ও ম্যাগনেটাইট জাতীয় লোহার আকরিক পাওয়া যায়। বিহার, উড়িষ্যা, মহীশূর, মধ্যপ্রদেশ ও পশ্চিম বাংলায় লোহার আকরিক পাওয়া যায়। জামসেদপুর, বার্ণপুর, কুলটি, সিলুয়া ছাড়াও সম্প্রতি ভিলাই, রাউরকেল্লা ও দুর্গাপুরে ইস্পাত কারখানা তৈরী হইয়াছে। আরও দুইটি বৃহৎ ইস্পাতের কারখানা প্রতিষ্ঠা করিবার সংকল্প গ্রহণ করা হইয়াছে।

লোহার প্রাকৃতিক যৌগ

(i) **অক্সাইডঃ** হিমাটাইট (Haematite)—Fe_2O_3 এবং চৌম্বক লোহা বা ম্যাগনেটাইট (Magnetite—Fe_3O_4),

(ii) **হাইড্রেটেড বা আর্দ্র অক্সাইডঃ** লিমোনাইট (Limonite)—$2Fe_2O_3, 3H_2O$,

(iii) **কার্বনেট :** স্প্যাথিক লৌহ আকরিক বা সিডারাইট (Spathic Iron ore or Siderite)—$FeCO_3$,

(iv) **সালফাইড :** আয়রন পিরাইটিস (Iron pyrites)—FeS_2 , কপার পিরাইটিস (Copper Pyrites) –$CuFeS_2$.

আয়রন বা লোহা নিষ্কাশন

(Extraction or Metallurgy of Iron)

লোহা বা আয়রন নিষ্কাশিত করা হয় প্রধানত ইহার অক্সাইড, আর্দ্র অক্সাইড ও কার্বনেট আকরিক অর্থাৎ হিমাটাইট, ম্যাগনেটাইট ও লিমোনাইট হইতে। লোহার মধ্যে সালফার মিশ্রিত থাকিলে সালফার লোহাকে ভঙ্গুর করিয়া দেয়। তাই, লোহার সালফাইড আকরিক লোহা নিষ্কাশনে ব্যবহৃত হয় না। পিরাইটিস আকরিক অর্থাৎ সালফাইড যৌগ প্রধানত সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনে ব্যবহার করা হয়।

সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ লোহা ধাতুরূপে বিশেষ কোন কাজে লাগে না। যে-লোহা ধাতুরূপে ব্যবহৃত হয় তাহার মধ্যে অল্প পরিমাণে কার্বন এবং অন্যান্য ধাতু মিশ্রিত থাকে। লোহার মধ্যে কার্বন ও অন্যান্য ধাতুর পরিমাণ অনুযায়ী লোহাকে প্রধানত তিন শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয়। যথা :

1. **পিগ আয়রন** (Pig iron) বা **কাস্ট আয়রন** (Cast iron) বা **ঢালাই লোহা**,
2. **স্টীল বা ইস্পাত** (Steel),
3. **রট আয়রন** বা **পেটা লোহা** (Wrought iron)।

কাস্ট বা পিগ আয়রন বা ঢালাই লোহা নিষ্কাশন

(Extraction of Cast or Pig Iron)

কাস্ট বা পিগ আয়রন তথা ঢালাই লোহা নিষ্কাশন দুইটি মূল রাসায়নিক বিক্রিয়ার উপরে নির্ভরশীল। প্রথম পর্যায়ে লোহার আকরিক ভস্মীভূত বা তাপজারিত করিয়া সম্পূর্ণরূপে ফেরিক অক্সাইডে (Fe_2O_3) পরিণত করা

হয়। দ্বিতীয় পর্যায়ে এই ফেরিক অকসাইড মারুৎ চুল্লী বা ব্লাস্ট ফার্নেসে (Blast furnace) কার্বনের (C) সংযোগে বিজারিত করিয়া লোহা নিষ্কাশন করা হয়। সুতরাং বলা যায় (i) ভস্মীকরণ বা তাপজারণ এবং (ii) ফেরিক অক্সাইডের কার্বন-বিজারণ, — ইহাই আয়রন নিষ্কাশনের দ্বি-পর্যায়ী পদ্ধতি।

আয়রন নিষ্কাশনের জন্য (ক) আকরিক ফেরিক অক্সাইডে সমৃদ্ধ হওয়া প্রয়োজন, (খ) চুল্লীর তাপাংক কমপক্ষে 1250°C-এ রাখা দরকার এবং (গ) ময়লা নিষ্কাশনের জন্য বিগালকরূপে চুনা পাথর ($CaCO_3$) মিশ্রিত করা আবশ্যক।

(i) **ভস্মীকরণ বা তাপজারণ** (Calcination or Roasting) : প্রথমে আকরিকের সঙ্গে সামান্য কয়লা মিশ্রিত করিয়া **ভাটি** বা **প্রশস্ত-গহ্বর চুল্লীতে** (kiln or shaft furnace) তপ্ত বায়ুর নিয়ন্ত্রিত প্রবাহের সাহায্যে আকরিকের জলীয় বাষ্প ও অন্যান্য উদ্বায়ী পদার্থসমূহ দূরীভূত করা হয় এবং আকরিকের ফেরাস কার্বনেট যৌগকে ফেরিক অক্সাইডে ও ফেরাস অক্সাইডকে ফেরিক অক্সাইডে পরিণত করা হয়। তাপজারণের শেষে পাওয়া যায় ঝাঁঝরা (spongy) ফেরিক অক্সাইড। বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে :

$$FeCO_3 = FeO + CO_2 \uparrow$$

$$2FeCO_3 = Fe_2O_3 + CO \uparrow + CO_2 \uparrow$$

$$4FeO + O_2 = 2Fe_2O_3$$

আকরিকে যদি কোন ফেরাস অকসাইড থাকে বা কার্বনেট যৌগ হইতে উৎপন্ন হয় তাহাও ফেরিক অকসাইডে পরিণত হয়। যথা :

$$4FeO + O_2 = 2Fe_2O_3$$

(ii) **কার্বন-বিজারণ** বা **বিগালন ক্রিয়া** (Carbon-reduction or Smelting of ore) : তাপজারিত আকরিকের সঙ্গে অর্থাৎ ঝাঁঝরা ফেরিক অক্সাইডের সঙ্গে বিজারক পদার্থরূপে কোক (C) এবং বিগালক বা ফ্লাক্স (flux) রূপে চুনাপাথর ($CaCO_3$) মিশ্রিত করিয়া ব্লাস্ট ফার্নেসের উচ্চতাপে বিক্রিয়া ঘটানো হয়। এই ব্লাস্ট ফার্নেসের বিক্রিয়ায় ফেরিক অক্সাইড বিজারিত হইয়া আয়রনরূপে নিষ্কাশিত হয় এবং ফেরিক অক্সাইডের সঙ্গে যে সিলিকা জাতীয় (SiO_2) ময়লা থাকে তাহা ধাতুমল (slag) রূপে অপসারিত হয়।

লোহা নিষ্কাশন এবং সিলিকা অপসারণের এই রাসায়নিক প্রক্রিয়া অনুধাবনের জন্য প্রথমে মারুৎ-চুল্লী বা ব্লাস্ট ফার্নেসের গঠন ও বিক্রিয়াপদ্ধতি জানা প্রয়োজন।

মারুৎ চুল্লী বা ব্লাস্ট ফার্নেস (Blast furnace)

ব্লাস্ট ফার্নেসের কাঠামো ইস্পাতে তৈরী এবং আকার বৃহৎ মৃদঙ্গের ন্যায়। ইহার ভিতরের প্রাচীর অগ্নিসহা মাটির ইট তথা **ফায়ার ক্লে** (fire clay) দ্বারা প্রায় তিন ফুট পুরু করিয়া **প্রলেপ বা লাইনিং** (lining) দেওয়া থাকে। ইহা প্রায় 50 হইতে 100 ফুট উঁচু এবং প্রশস্ততম অংশে ইহার ব্যাস 24 ফুট (ব্লাস্ট ফার্নেসের চিত্র দেখ)।

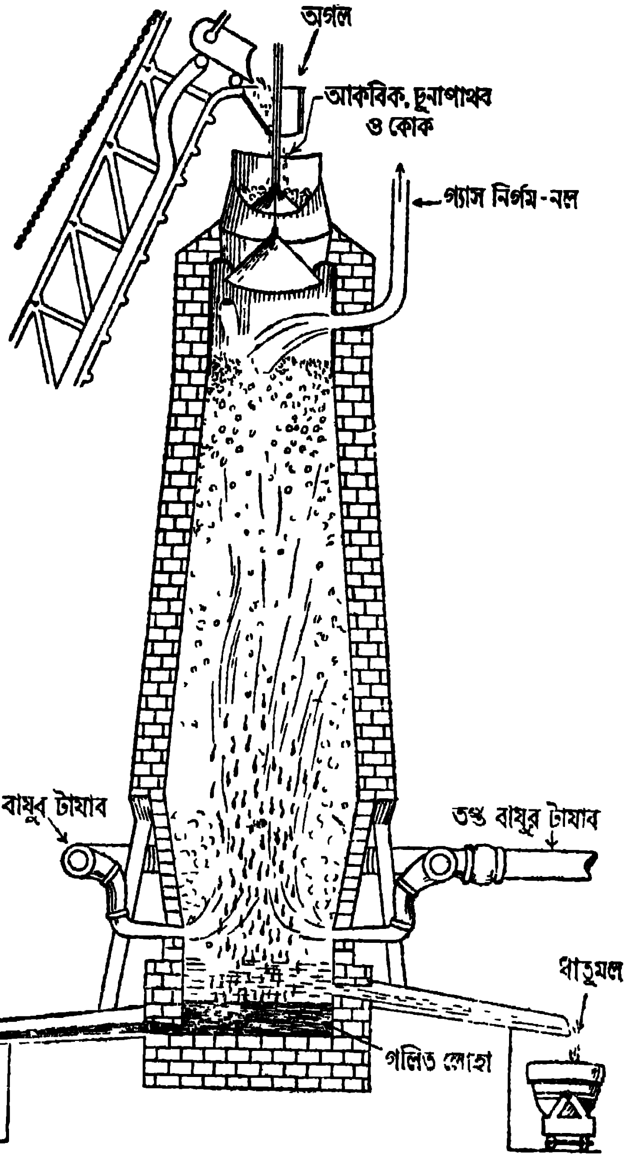
মারুৎচুল্লীর আকরিক প্রবেশদ্বার **কোণাকার অর্গল** (cup and cone) দ্বারা আবদ্ধ রাখা হয়। চুল্লীতে আকরিক ভরার সময় কোণাকার অর্গল নিচের দিকে নামাইয়া চুল্লীর মুখটি উন্মুক্ত করা হয়। আকরিক ভরার পরে অর্গল উপরের দিকে তুলিয়া মুখটি আবার বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। কোণাকার অর্গলের পাশেই থাকে গ্যাস-নির্গমের একটি **চিমনী** (chimney)।

চুল্লীর তলায় থাকে একটি গভীর **প্রকোষ্ঠ** (hearth)। এই প্রকোষ্ঠের একপাশে উপরে-নিচে অথবা দুই পাশে অবস্থিত থাকে দুইটি **নির্গম-নালা** (outlet)। উপরের নির্গম-নালাটি ধাতুমল অপসারণ এবং নিচের নির্গম-নালাটি গলিত লোহা সংগ্রহের জন্য ব্যবহার করা হয় (চিত্র দেখ পৃ-326)।

প্রকোষ্ঠের উপরের অংশে চুল্লীর ব্যাস প্রশস্ততম,—প্রায় 24 ফুট। এই অংশটিকে বলা হয় **'বশ'** (Bosh)। তলদেশের প্রকোষ্ঠে প্রায় 8 ফুট উঁচুতে চুল্লীর দুই পাশে কতকগুলি **ব্যাত্যা-আগম নল বা টায়ার** (tuyeres) ফিট করা থাকে। এই টায়ারের মাধ্যমে চুল্লীর মধ্যে তপ্ত বাত্যা-প্রবাহ (blast) চালানো হয়।

প্রারম্ভিক পর্যায়ে কোণাকার অর্গল খুলিয়া **পাঁচভাগ লোহার আকরিক, দুই ভাগ কোক এবং এক ভাগ চুনাপাথর দ্বারা** চুল্লীর প্রায় তিন-চতুর্থাংশ স্থান পূর্ণ করা হয়। এই আকরিক, বিজারক ও বিগালকের (ore, coke, flux) মিশ্রণকে **চার্জ** (charge) বলা হয়। চার্জ ভরার পরে প্রায় 800°C তাপাংকে

উত্তপ্ত বায়ু টায়ারের মাধ্যমে বাত্যার প্রবাহে অবিরাম চার্জের মধ্যে চালানো হয়। ফলে যে-রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে তাহা ধাতব লোহা নিষ্কাশিত করে এবং

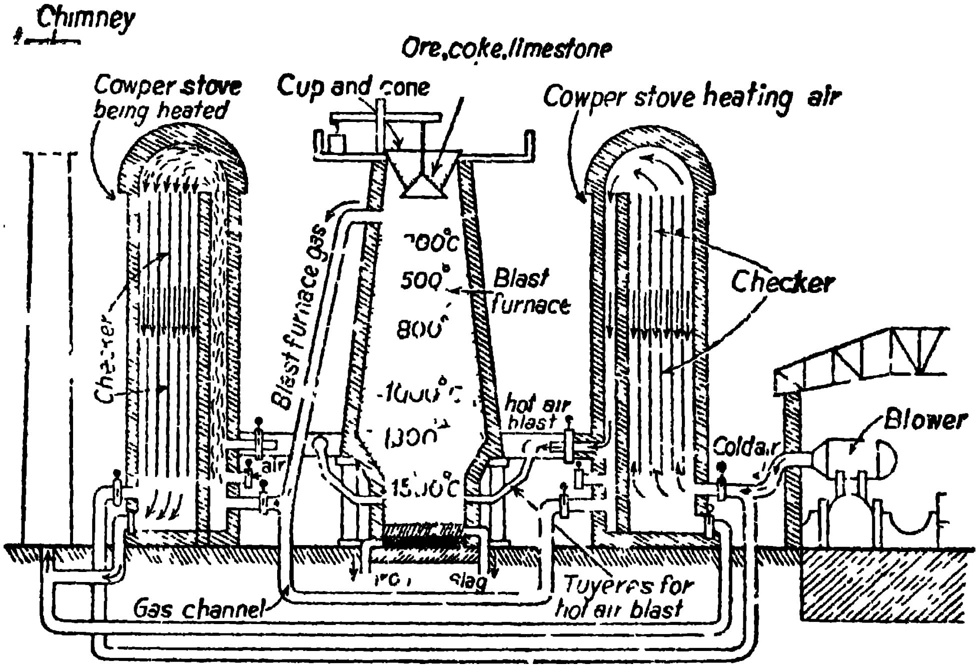


ব্লাস্ট ফার্নেস

ময়লা বিগালকেব সংযোগে গঠন কবে ধাতুমল। বিগলিত লোহা ও বিগলিত ধাতুমল নিচের প্রকোষ্ঠে সঞ্চিত হয় এবং ধাতুমল গলিত লোহাব উপরে ভাসিতে থাকে। ধাতুমল উপবের নালাপথে এবং বিগলিত লোহা নিচেব নালা-পথে বাহির করিয়া লওয়া হয়। বালুর ছাচে ঢালিয়া কাস্ট আয়বন বা পিগ আয়রনের দণ্ড (ingots) বা প্রয়োজনীয় আকাবেব দ্রব্য তৈরী কবা হয়। এরূপ নিববচ্ছিন্নভাবে কার্যকরী রাখিয়া ব্লাস্ট ফার্নেসে দিনে প্রায় 750 টন লোহা তৈরী

করা যায়। ভিতরের ফায়ার-ক্লে প্রলেপ অক্ষত থাকা পর্যন্ত দীর্ঘদিন অবিরাম ব্লাস্ট ফার্নেস ব্যবহার করা যায়।

[**তাপ পুনরুদ্ধারক কাউপার স্টোভ** (Cowper Stove) : ব্লাস্ট ফার্নেসের নির্গম-নলের পথে যে উত্তপ্ত গ্যাস নির্গত হয় তাহার মধ্যে প্রচুর কার্বন মনোকসাইড থাকে। ইহার সঙ্গে নাইট্রোজেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসও থাকে। এই উত্তপ্ত গ্যাসের উত্তাপ পুনরুদ্ধার করিয়া বায়ুর যে বাত্যাপ্রবাহ টায়ারের সাহায্যে চুল্লীতে পাঠানো হয় তাহা উত্তপ্ত করার জন্য ব্যবহার করা হয় কাউপার স্টোভ (Cowper Stove) নামক তাপ পুনরুদ্ধারক যন্ত্রের (heat regenerator) মাধ্যমে। কাউপার স্টোভ লোহার কাঠামোয় গঠিত বৃহদাকারের একাধিক সিলিণ্ডার। ইহার ভিতরের প্রাচীরে অগ্নিসহ মাটির প্রলেপ দেওয়া থাকে এবং এরূপ সিলিণ্ডারের মধ্যে থরে থরে সাজানো থাকে অগ্নিসহ মাটির ইটের সারি। ব্লাস্ট ফার্নেস হইতে যে তপ্ত গ্যাস নির্গত হয় তাহা প্রথমে ধূলি নিবারক চেম্বারে (dust chamber) পাঠাইয়া গ্যাসকে ধূলিমুক্ত করিয়া কাউপার স্টোভে পাঠানো হয়। তপ্ত গ্যাসের সংস্পর্শে স্টোভের ইটগুলি লাল তপ্ত হইয়া উঠিলে এই তপ্ত গ্যাস দ্বিতীয় কাউপার স্টোভে পাঠানো হয়। যে বায়ু ব্লাস্ট ফার্নেসে পাঠানো হয় তাহা এই উত্তপ্ত কাউপার স্টোভের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া উত্তপ্ত করা হয়। প্রেরিত শীতল বায়ুর সঙ্গে সঞ্চিত তাপ বিনিময় করিয়া কাউপার স্টোভ ঠাণ্ডা হইয়া গেলে ব্লাস্ট ফার্নেসগামী বায়ুপ্রবাহের গতি পরিবর্তন করিয়া দ্বিতীয় উত্তপ্ত স্টোভে পাঠানো হয় এবং প্রথম স্টোভে পুনরায় চালানো হয় ব্লাস্ট ফার্নেস হইতে নির্গত তপ্ত গ্যাস। এইভাবে বার বার বিকল্প পদ্ধতিতে শীতল বায়ু এবং



কাউপার স্টোভসহ ব্লাস্ট ফার্নেসের পূর্ণাঙ্গ চিত্র

তপ্ত ফার্নেস গ্যাসের গতি বিকল্প স্টোভে পবিবর্তিত করিযা শীতল বাবু উত্তপ্ত কবার জন্ত ফার্নেস গ্যাসের তাপ ব্যবহার করা হয়। কাউপার স্টোভে ব্যবহারের পরে অপ্রয়োজনীয় গ্যাস চিমনীর মাধ্যমে বাহির করিযা দেওযা হয।]

ব্লাস্ট ফার্নেসে রাসায়নিক বিক্রিয়া

(Blast Furnace Reactions)

(i) লৌহ নিষ্কাশন তথা ফেরিক অক্সাইডের কার্বন-বিজারণ (Carbon Reduction of Ferric Oxide to Iron) : চালু ব্লাস্ট ফার্নেসের মুখের দিকে তাপাঙ্ক প্রায় 400°C – 500°C, মাঝখানে 800°C – 1000°C, 'বশের' নিকটে প্রায় 1250°C এবং তলাব প্রকোষ্ঠে প্রায় 1500°C.

প্রায় 800°C তাপাঙ্কে উত্তপ্ত যে-বাত্যা চুল্লীতে প্রবেশ করে তাহার সংস্পর্শে প্রথমে কোক কার্বন মনোকসাইডে পবিণত হয়। যথা :

$$2C + O_2 = 2CO \uparrow$$

ফেরিক অক্সাইড ফার্নেসের মধ্যে নিচেব দিকে নামিবার সময় 600°C – 900°C তাপাঙ্কে উত্তপ্ত হয় এবং কার্বন মনোক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায় : ইহার ফলে লোহা নিষ্কাশিত হয়। যথা :

$$Fe_2O_3 + 3CO \rightleftharpoons 2Fe + 3CO_2$$

কিন্তু এই প্রতিমুখী বিক্রিয়া অসম্পূর্ণ থাকে। সদ্য নিষ্কাশিত আয়বন কাবন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডেব সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া আংশিকভাবে আবার ফেরাস ও ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়। যথা :

$$\begin{aligned}2Fe + 3CO_2 &= Fe_2O_3 + 3CO\\ 2Fe + 3CO &= Fe_2O_3 + 3C\\ Fe + CO &= FeO + C\end{aligned}$$

চুল্লীর উচ্চাংশে চুনাপাথর বিদগ্ধ হইয়া ভাঙ্গিয়া যায় ও কার্বন ডাই-অক্সাইড গঠন করে। এই কাবন ডাই-অক্সাইড কোকেব কার্বন দ্বারা বিজারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়। এই কার্বন মনোক্সাইডও ফেরিক অক্সাইড ও ফেরাস অক্সাইড বিজারণে অংশ গ্রহণ করে। যথা :

$$\begin{aligned}CaCO_3 &= CaO + CO_2\\ CO_2 + C &\rightleftharpoons 2CO\\ Fe_2O_3 + 3CO &\rightleftharpoons 2Fe + 3CO_2\\ FeO + CO &= Fe + CO_2\end{aligned}$$

চুল্লীর মাঝখানে প্রায় 1000°C তাপাঙ্কে কিছু কার্বন সঞ্চিত হয়। যথা:

$$2CO \rightleftharpoons CO_2 + C$$

এই কার্বন এবং চার্জের কোক, অবিজারিত ও অবশিষ্ট ফেরিক অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া লোহার নিষ্কাশন সম্পূর্ণ করে। যথা:

$$Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$$

(ii) **ধাতুমল গঠন ও অপসারণ** (Removal of slag): চুনা পাথর ভাঙ্গিয়া যে চুন (CaO) তৈরী হয় তাহা আকরিকের সহিত মিশ্রিত সিলিকার (SiO_2) সঙ্গে যুক্ত হইয়া ক্যালসিয়াম সিলিকেট জাতীয় ধাতুমল গঠন করে। আকরিকে যদি কিছু ফেরাস সাইফাইড অবিকৃত থাকিয়া যায় তাহা চুনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম সালফাইড (CaS) গঠন করে। যথা:

$$CaO + SiO_2 = CaSiO_3 \quad (\text{ক্যালসিয়াম সিলিকেট})$$

$$FeS + CaO + C = CaS + CO + Fe$$

(iii) **নিম্নতম প্রকোষ্ঠে লৌহ সংগ্রহ**: চুল্লার মধ্যবর্তী স্থানে যে-লোহা নিষ্কাশিত হয় তাহা অবিগলিত স্পঞ্জের আকারে ধাতুমলের সঙ্গে তলার প্রকোষ্ঠের দিকে নামিতে থাকে এবং প্রকোষ্ঠের নিকটবর্তী হইয়া 1500°C তাপাঙ্কে বিগলিত হইয়া উহার তলায় সঞ্চিত হয়। বিগলিত লোহার উপরে ধাতুমল ভাসিতে থাকে। ইহা উপরের নির্গম-নালার পথে এবং সদ্য নিষ্কাশিত লোহা নিচের নির্গম নালার পথে বাহির করিয়া লওয়া হয়।

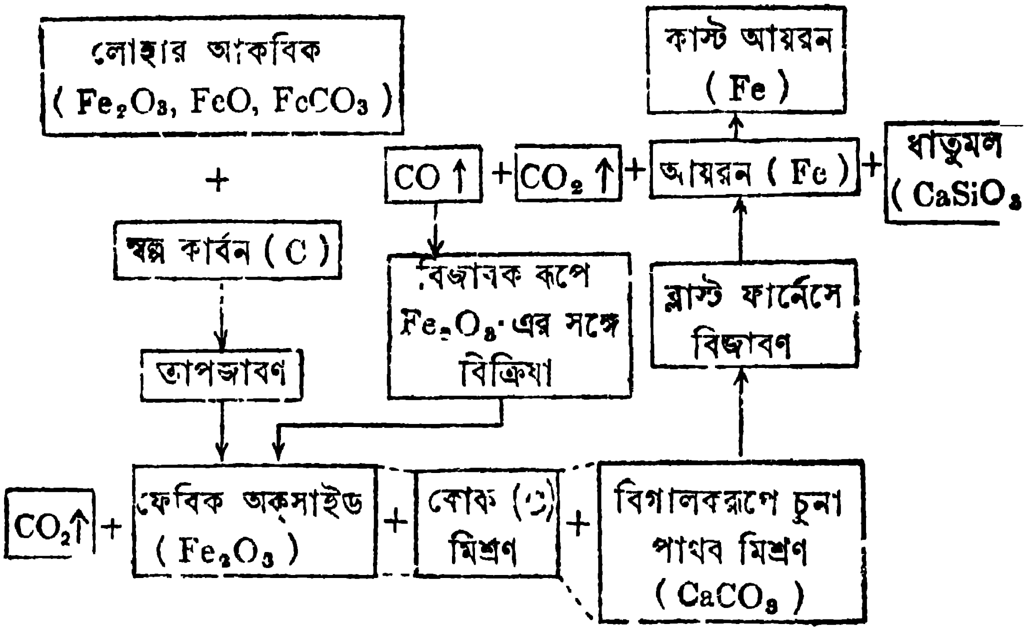
চুল্লীর নিম্নাংশের উচ্চতাপে সিলিকা, ম্যাঙ্গানীজ ও ফসফরাসের অক্সাইড কার্বন দ্বারা বিজারিত হইয়া মৌল ধাতুতে পরিণত হয় এবং এরূপ ধাতু সদ্য নিষ্কাশিত লোহার সঙ্গে মিশিয়া যায়। যথা:

$$\begin{aligned} SiO_2 + 2C &= Si + 2CO \\ MnO_2 + 2C &= Mn + 2CO \\ P_2O_5 + 5C &= 2P + 5CO \end{aligned}$$

কাস্ট বা পিগ আয়রনের গঠন (Composition of Cast or Pig Iron): ব্লাস্ট ফার্নেস হইতে যে কাস্ট বা পিগ আয়রন নিষ্কাশিত হয় তাহা অত্যন্ত অপবিশুদ্ধ। ইহার মধ্যে প্রায় 1·5–4% কার্বন, 0·5–2% সিলিকা, 0·2–1% ম্যাঙ্গানীজ, 0–0·7% ফসফরাস এবং 0·3–1% সালফার মিশ্রিত থাকে। তাই কাস্ট আয়রন অত্যন্ত ভঙ্গুর এবং ইহা ফাটিয়া গেলে জোড়া দেওয়া যায় না। কাস্ট আয়রনের মধ্যে কার্বন অংশত আয়রন কারবাইড

(Fe_3C) যৌগ রূপে এবং অংশত গ্র্যাফাইটরূপে মিশ্রিত থাকে। **ফসফরাসও** থাকে P বা Fe_3P রূপে।

কাষ্ট আয়রন নিষ্কাশন



ধাতু-মলের ব্যবহার (Slag)**ঃ** ব্লাস্ট ফার্নেস হইতে প্রধানত ক্যালসিয়াম সিলিকেট রূপে ($CaSiO_3$) যে ধাতুমল পাওয়া যায় তাহা সিমেণ্ট তৈরী করার জন্য ব্যবহার করা হয়। ইহার মধ্যে পটাস ও ফসফরাসও থাকে। তাই ইহা চূর্ণ করিয়া সার রূপেও ব্যবহার করা হয় এবং পিচের সঙ্গে মিশাইয়া রাস্তা তৈরীর জন্যও ব্যবহৃত হয়।

কাস্ট আয়রনের ব্যবহার (Uses of Cast or Pig Iron)**:** কাস্ট আয়রন অত্যন্ত ভঙ্গুর বলিয়া যে সমস্ত জিনিসপত্র ভাঙ্গিবার বা ফাটিবার সম্ভাবনা কম তাহাই এরূপ ঢালাই লোহা দ্বারা তৈরী করা হয়। কাস্ট আয়রনে তৈরী জিনিস ভাঙ্গিলে জোড়া দেওয়া যায় না। যে-সমস্ত জিনিস ঢালাই করিয়া তৈরী করা হয় সাধারণত তাহা কাস্ট বা পিগ আয়রন দ্বারা তৈরী করা হয়। কাস্ট আয়রনে প্রস্তুত হয় ইস্ত্রি, বড় বড় লোহার জালা, জলের পাইপ, ল্যাম্প পোস্ট, চুল্লীর সিক ইত্যাদি জিনিস।

রট বা মেলিয়েবল্ আয়রন বা পেটা লোহা
(Wrought or Malleable Iron)

(1) **পেটা-লোহার গঠন পরিচয়** (Composition)**:** তিন শ্রেণীর লোহার মধ্যে রট আয়রন বা পেটা লোহা অপেক্ষাকৃত বিশুদ্ধ। ইহার মধ্যে

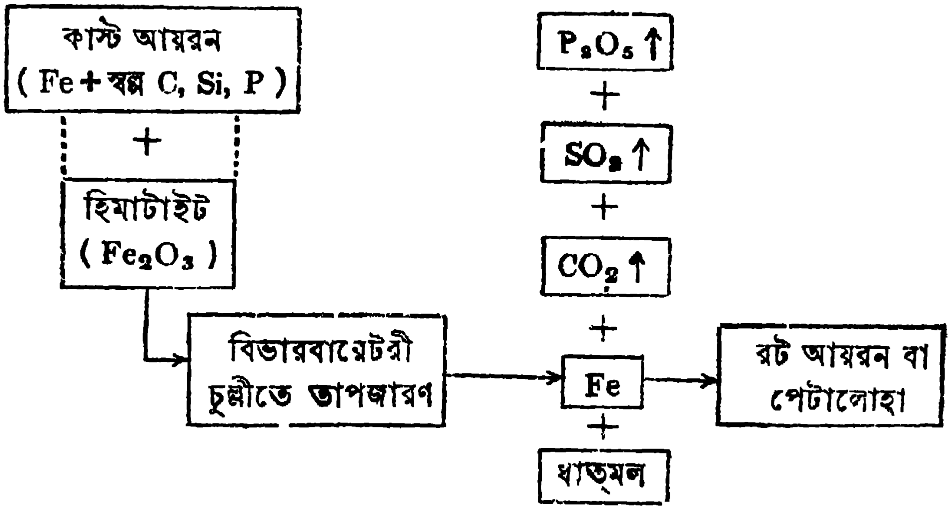
0·12% হইতে 0·25 % কার্বন এবং সমগ্রভাবে 0·5 % পর্যন্ত কার্বন, সিলিকন, ফসফরাস, সালফার ও ম্যাঙ্গানীজ মিশ্রিত থাকে।

(ii) **ময়লা অপসারণে জারণ বিক্রিয়া** (Oxidation of impurities): এই সমস্ত অবাঞ্ছিত বাহ্যিক পদার্থ ফেরিক অক্সাইডের সাহায্যে বিশেষ ধরনের চুল্লীতে উচ্চতাপে প্রধানত অক্সাইডরূপে জারিত করা হয়। উচ্চ তাপে বিগলিত লোহার উপরে এই অক্সাইডগুলি ধাতুমলরূপে সরের মত ভাসিয়া উঠে এবং ইহা অপসারিত করা হয়। যথা:

$$3C + Fe_2O_3 = 2Fe + 3CO$$
$$3Si + 2Fe_2O_3 = 3SiO_2 + 4Fe$$
$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$$
$$Si + O_2 = SiO_2$$
$$Mn + O_2 = MnO_2$$

(iii) **পেটা-লোহার প্রস্তুতি** (Preparation of Wrought Iron): যে পদ্ধতিতে রট আয়রন বা পেটা লোহা তৈরী করা হয় তাহাকে বলা হয় **মন্থন পদ্ধতি** বা **পাডলিং প্রোসেস** (Puddling process)। এই পদ্ধতিতে ব্লাস্ট ফার্নেস হইতে সদ্য প্রাপ্ত কাস্ট আয়রন পরাবর্ত বা রিভারবারেটরী চুল্লীতে রাখিয়া ময়লা মুক্ত করা হয়। ফেরিক অক্সাইড (হিমাটাইট) দ্বারা রিভারবারেটরী চুল্লীর প্রলেপ বা লাইনিং দেওয়া থাকে। চুল্লীর প্রশস্ত গহ্বর বা হার্থে বায়ুর সংস্পর্শে কাস্ট আয়রন উত্তপ্ত করা হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে বিগলিত লোহা মথিত বা আলোড়িত করিয়া দেওয়া হয়। চুল্লীর প্রলেপ অর্থাৎ

রট আয়রন প্রস্তুতি



হিমাটাইট তথা ফেরিক অক্সাইডের সংযোগে কাস্ট আয়রনে মিশ্রিত কার্বন জারিত হইয়া কার্বন-মনোক্সাইডে পরিণত হয়। যথা :

$$3C + Fe_2O_3 = 3Fe + 3CO \uparrow$$

ফেরিক অক্সাইডের সংযোগে সিলিকন, সালফার, ফসফরাস, ম্যাঙ্গানীজ ইত্যাদিও অক্সাইডরূপে জারিত হইয়া ধাতুমলের সঙ্গে মিশ্রিত হয় এবং গলিত লোহার উপর ভাসিয়া ওঠে। বিক্রিয়ার প্রথম অবস্থায় পরাবর্ত চুল্লীর উত্তাপে লোহা প্রায় ফুটিতে আরম্ভ করে। ফুটন্ত লোহার উপরে ভাসমান ময়লাগুলি ধাতুমলরূপে বিমুক্ত হওয়ার ফলে অপেক্ষাকৃত বিশুদ্ধ লোহার গলনাঙ্ক ক্রমশ বৃদ্ধি পায় এবং লোহা কঠিন হইয়া পিণ্ডাকার লাভ করে। এরূপ লৌহ পিণ্ডের উপরে নির্মুক্ত ধাতুমল কঠিন স্তরের ন্যায় জমিয়া থাকে। যান্ত্রিক হাতুরীর-সাহায্যে পিটাইয়া এই পিণ্ডগুলি অপসারিত করা হয়।

পেটা-লোহার গঠন (Composition of Wrought Iron) : পেটা লোহা বা রট আয়রনের গঠন সুদৃঢ় এবং তান্তব (fibrous)। ইহাতে প্রায় ·01 – ·2 % কার্বন থাকে। দুইখণ্ড পেটা লোহা লাল তপ্ত করিয়া জোড়া লাগানো যায়। এরূপ ধর্মের জন্য কর্মকারেরা বিশেষভাবে রট আয়রন ব্যবহার করে এবং ইহা ওয়েল্‌ডিংয়ের কাজে লাগে। লাল তপ্ত পেটা লোহাকে জলে ডুবাইয়া শীতল করার পরেও ইহার নমনীয়তার কোন পরিবর্তন হয় না। কিন্তু ইস্পাতের ক্ষেত্রে ইহা করা সম্ভব নয়। বর্তমানে পেটা লোহার পরিবর্তে অনেক ক্ষেত্রে মৃদু ইস্পাত (mild steel) ব্যবহার করা হয়। রট আয়রন বা পেটা-লোহা প্রস্তুতির উপায় 1784 খ্রীষ্টাব্দে বৃটিশ বিজ্ঞানী হেনরী কর্ট (Henry Cort) উদ্ভাবন করেন।

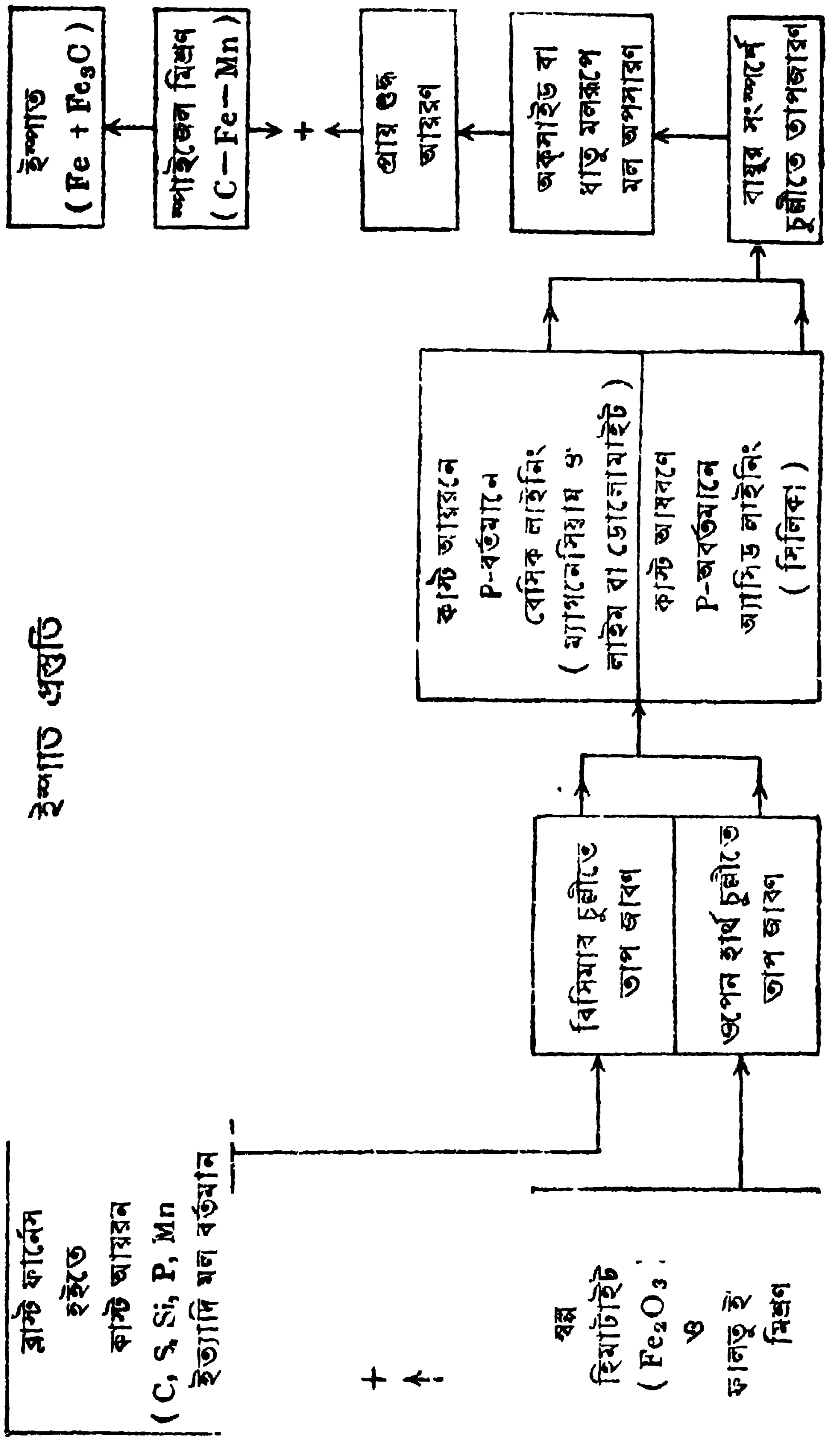
ব্যবহার (Uses of wrought iron) : রট আয়রনের নমনীয়তা ও দৃঢ়তা এবং ইহার দ্বারা ওয়েল্‌ডিংয়ের কাজ করা সম্ভব বলিয়া তড়িৎ-চুম্বকের যন্ত্রপাতি, শিকল, তার, গেট, বল্টু, পেরেক ইত্যাদি তৈরী করার জন্য রট আয়রন ব্যবহার করা হয়। অর্থাৎ, যে-সমস্ত দ্রব্য আঘাতে ভাঙ্গে না সেই সমস্ত জিনিস পেটা-লোহা দ্বারা তৈরী করা হয়।

ইস্পাত বা স্টীলের গঠন ও প্রস্তুতি

(Composition and preparation of Steel)

1. **ইস্পাতের গঠন** (Composition) : যে লোহায় 0·25% হইতে 1·5% কার্বন বর্তমান সেই লোহাকে বলা হয় **ইস্পাত বা স্টীল**। ইস্পাতে কাস্ট আয়রন বা ঢালাই লোহার চেয়ে কম কিন্তু রট আয়রন বা পেটা

লোহার-চেয়ে বেশী পরিমাণে কার্বন বর্তমান। ইস্পাতে কার্বন থাকে আয়রন কারবাইড (Fe_3C) রূপে। ফসফরাস, সিলিকন ও সালফার লোহার ভঙ্গুরতা


ইস্পাত প্রস্তুতি

ব্লাস্ট ফার্নেস হইতে কাস্ট আয়রন (C, S, Si, P, Mn ইত্যাদি মল বর্তমান)
+
স্বল্প হিমাটাইট (Fe_2O_3) ও ফ্লাক্স-এর মিশ্রণ
বিসিমার চুল্লীতে তাপ জারণ
ওপেন হার্থ চুল্লীতে তাপ জারণ
কাস্ট আয়রনে P-বর্তমানে বেসিক লাইনিং (ম্যাগনেসিয়াম ও লাইম বা ডোলোমাইট)
কাস্ট আয়রনে P-অবর্তমানে অ্যাসিড লাইনিং (সিলিকা)
বায়ুর সংস্পর্শে চুল্লীতে তাপজারণ
অক্সাইড বা ধাতু মলরূপে মল অপসারণ
প্রায় শুদ্ধ আয়রন
+
স্পাইজেল মিশ্রণ (C—Fe—Mn)
ইস্পাত (Fe + Fe_3C)

বৃদ্ধি করে। পরিমাণে মাত্রাধিক হইলে কার্বনও লোহাকে ভঙ্গুর করিয়া দেয়। তাই, ইস্পাত হইতে অধিকাংশ সিলিকন, ফসফরাস, সালফার ও ম্যাঙ্গানীজ অপসারিত করা হয়। কাস্ট আয়রন ও স্টীলের বিভিন্ন উপাদানের বিশ্লেষণে দেখা যায়:

	Fe	C	Si	P	Mn	S
কাস্ট আয়রন—	93·2	1·0	1·4	2·5	1·8	0·1
ইস্পাত—	99·3	0·18	0·004	0·02	0·44	0·042

2. ইস্পাত প্রস্তুতি (Preparation of Steel)

ইস্পাত তৈরী করা হয় দুই পর্যায়ে: (i) প্রথম পর্যায়ে কাস্ট বা পিগ আয়রনে মিশ্রিত কার্বন, ফসফরাস, সালফার, সিলিকন ও ম্যাঙ্গানীজ ইত্যাদি পদার্থ জারিত বা অক্সিডাইজড্ করিয়া ধাতুমল রূপে অপসারিত করা হয়। (ii) দ্বিতীয় পর্যায়ে এই মলমুক্ত বিশুদ্ধ-প্রায় লোহার মধ্যে নিয়ন্ত্রিত মাত্রায় কার্বন মিশ্রিত করিয়া ইস্পাত তৈরী করা হয়।

চুল্লীর প্রলেপ (Lining of furnace): জারণ ক্রিয়ায় ময়লা অপসারণের জন্য কাস্ট আয়রনে ফসফরাস না থাকিলে একরকম চুল্লী ব্যবহার করা হয়, কিন্তু পর্যাপ্ত ফসফরাস থাকিলে অন্যরকম চুল্লীতে জারণ ক্রিয়া সম্পন্ন করা হয়। (ক) **ফসফরাস বেশী না থাকিলে** সাধারণত অ্যাসিডধর্মী সিলিকা জাতীয় মাটিতে তৈরী ইট দ্বারা চুল্লীর লাইনিং দেওয়া হয়। এরূপ **সিলিকা লাইনিং** বা প্রলেপকে বলা হয় **অ্যাসিডধর্মী প্রলেপ** (Acidic lining). (খ) কাস্ট বা পিগ আয়রনে **যদি অতিরিক্ত ফসফরাস থাকে** তবে ক্ষারধর্মী লাইম বা চুন ও ম্যাগনেসিয়া ($CaO+MgO$) অথবা ডলোমাইট ($MgCO_3$, $CaCO_3$) দ্বারা চুল্লীর প্রলেপ দেওয়া হয়। এরূপ প্রলেপকে **ক্ষারধর্মী প্রলেপ বা বেসিক লাইনিং** (Basic lining) বলা হয়।

(i) **ফসফরাস বিমুক্ত ময়লার জারণ** (Oxidation of non-phosphorus impurities): সরাসরি ব্লাস্ট ফার্নেস হইতে প্রায় 10 টন তপ্ত ও গলিত লোহা চুল্লীতে ঢালা হয় এবং লোহার মধ্যে বায়ুর বাত্যা-প্রবাহ চালানো হয়। এরূপ বায়ুর সংযোগে প্রথমে সিলিকন ও ম্যাঙ্গানীজ জারিত হয় এবং ইহারা ম্যাঙ্গানীজ সিলিকেটরূপে ধাতুমলে পরিণত হয়। যথা:

$$2Mn+O_2=2MnO\ ,\ Si+O_2=SiO_2$$

$$MnO+SiO_2=MnSiO_3$$ (ম্যাঙ্গানিজ সিলিকেট)

বাত্যা প্রবাহের ফলে একাংশ লোহা আয়রন অক্সাইডে পরিণত হয়। এরূপ আয়রন অক্সাইড লোহার সঙ্গে মিশ্রিত কার্বনকে কার্বন-মনোক্সাইড-রূপে জারিত করিয়া দিয়া পুনরায় ধাতব আয়রনে পরিণত হয়। যথা :

$$2Fe+O_2=2FeO\ ,\ FeO+C=Fe+CO\uparrow$$

(ii) **ফসফরাসযুক্ত ময়লার জারণ** (Oxidation of Phosphorus mixed impurities) : কাস্ট বা পিগ আয়রনে যদি অতিরিক্ত ফসফরাস থাকে তবে প্রথমে তাহা জারিত হইয়া ফসফরাস পেণ্টক্সাইডে পরিণত হয়। এই অক্সাইড চুল্লীর ক্ষারীয় লাইনিং অর্থাৎ, চুন ও ম্যাগনেসিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া প্রধানত ক্যালসিয়াম ফসফেট যৌগ গঠন করে। যথা :

$$4P+5O_2=2P_2O_5\ ,\ 3CaO+P_2O_5=Ca_3(PO_4)_2$$
$$3MgO+P_2O_5=Mg_3(PO_4)_2$$

এই ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম ফসফেট ধাতুমলরূপে অপসারিত করিয়া ইহার চূর্ণ মূল্যবান সাররূপে ব্যবহার করা হয়।

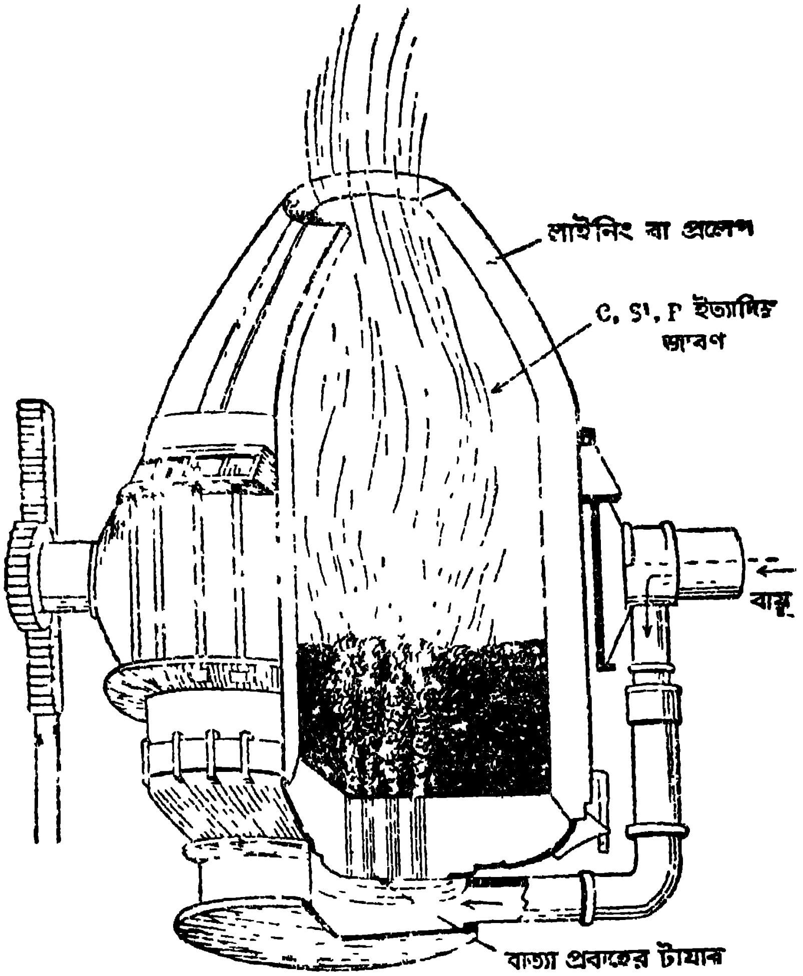
(iii) **ময়লা-মুক্ত আয়রনে কার্বন মিশ্রণ** (Mixing of Carbon) : জারণ ক্রিয়া শেষ হইলে বাত্যা-প্রবাহ বন্ধ করিয়া চুল্লার মধ্যে নিয়ন্ত্রিত পরিমাণে **স্পাইজেল** (spiegel) ঢালা হয়। স্পাইজেল (Fe+Mn+C) লোহা, ম্যাঙ্গানীজ (5 – 15%) এবং কার্বনের (প্রায় 6%) একটি মিশ্র পদার্থ। কিরূপ ইস্পাত তৈরী করা হয় তার উপরে স্পাইজেল সরবরাহের পরিমাণ নির্ভর করে। বিগলিত লোহার মধ্যে যদি কোন ফেরাস অক্সাইড অবশিষ্ট থাকে তবে স্পাইজেলের ম্যাঙ্গানীজ তাহা বিজারিত করিয়া আয়রনে পরিণত করে এবং ইহার কার্বন বিশুদ্ধ লোহার সঙ্গে মিশিয়া ইস্পাত তৈরী করে। এরূপ কার্বন-মিশ্রণ সম্পন্ন করার জন্য স্পাইজেল মিশাইবার পরেও স্বল্পক্ষণের জন্য চুল্লীর মধ্যে বাত্যা-প্রবাহ চালানো হয়।

বিভিন্ন শিল্প পদ্ধতি

ইস্পাত প্রস্তুত করা হয় প্রধানত **বিসমার পদ্ধতি** (Bessemer process) এবং **সিমেন্স মার্টিন পদ্ধতিতে** (Siemens-Martin process)। হেনরি বিসমার 1855 খ্রীষ্টাব্দে এক বিশেষ ধরনের কনভার্টার চুল্লী (Bessemer converter) আবিষ্কার করিয়া এই পদ্ধতির প্রবর্তন করেন। তাপ পুনরুদ্ধারের যে-উপায় উইলিয়াম সিমেন্স আবিষ্কার করেন তাহা অবলম্বন করিয়া 1864 খ্রীষ্টাব্দে ফরাসী দেশে মার্টিন ভ্রাতৃদ্বয় দ্বিতীয় পদ্ধতি প্রবর্তন করেন। এই পদ্ধতিতে মুক্ত-কক্ষ (open heart) চুল্লীতে ইস্পাত তৈরী করা হয় বলিয়া এই পদ্ধতিকে মুক্ত-কক্ষ পদ্ধতি (open hearth process) বলা হয়। বৈদ্যুতিক চুল্লীতে যে ইস্পাত তৈরী করা হয় সেই ইস্পাতকে ইলেকট্রিক স্টীল বা ইস্পাত বলা হয়।

1. বিসিমার পদ্ধতি (Bessemer Process)

বিসিমার পদ্ধতিতে ইস্পাত উৎপাদন করা হয় বিসিমার কনভার্টার (Bessemer Converter) নামক চুল্লীতে। বিসিমার চুল্লীর আকার বৃহদায়তন ডিম্ব অথবা নাশপাতি ফলের ন্যায় এবং ইহা উচ্চতায় প্রায় 20 ফুট ও ব্যাসে প্রায় 10 ফুট। একটি মধ্যবর্তী অক্ষকে (axis) কেন্দ্র করিয়া যন্ত্রের সাহায্যে চুল্লীটি ঝুলানো থাকে এবং প্রয়োজন মত ইহাকে কাৎ করা যায়। চুল্লীর তলায় কয়েকটি বায়ু-আগম-নল ফিট করা থাকে এবং নলের মাধ্যমে লৌহ-পূর্ণ চুল্লীর মধ্যে বায়ুর বাত্যা-প্রবাহ চালানো হয়। এই চুল্লীর মুখে 6 হইতে 8 মিটার পর্যন্ত নীলাভ শিখায় কার্বন মনোকসাইড জ্বলিতে থাকে এবং এই শিখা বন্ধ হইয়া গেলে জানা যায় যে জারণ ক্রিয়া শেষ হইয়াছে। তখন ময়লা-মুক্ত লোহায় কার্বন মিশ্রিত করিয়া ইস্পাত তৈরী করা হয়। বিসিমার চুল্লীতে সিলিকা দ্বারা অ্যাসিড লাইনিং বা লাইম্ দ্বারা বেসিক লাইনিং দেওয়া থাকে।

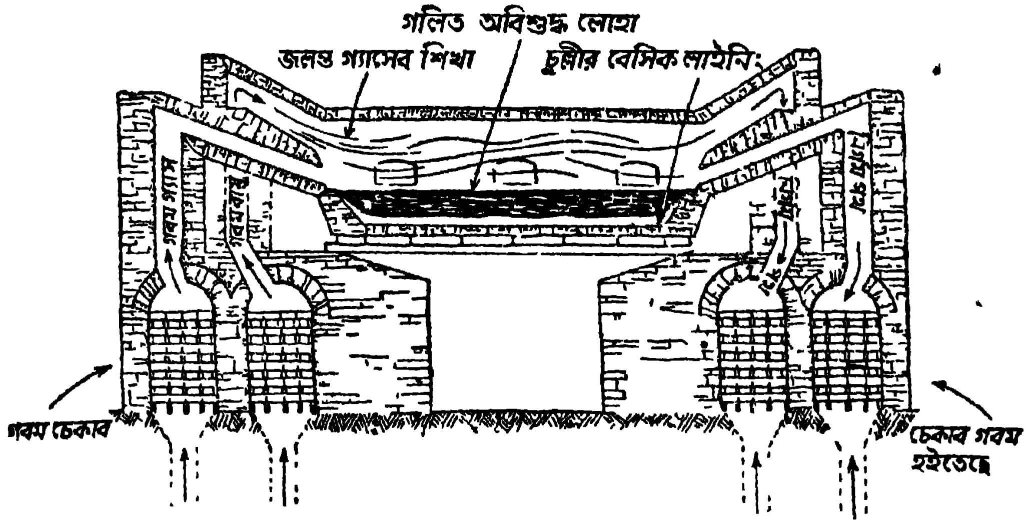


ইস্পাত প্রস্তুতির বিসিমার-চুল্লী

2. সিমেন্স-মার্টিন বা মুক্ত কক্ষ পদ্ধতি
(Siemens-Martin or Open Hearth Process)

সিমেন্স-মার্টিন প্রণালীতে চুল্লীর গহ্বরটি অগভীর, প্রশস্ত ও সমতলভাবে গঠিত হয় বলিয়া ইহাকে মুক্তকক্ষ চুল্লী (open hearth) বলা হয়। এরূপ চুল্লীর ছাদ পরাবর্ত চুল্লীর ন্যায় নিচু।

এই চুল্লী প্রায় 1500°C তাপাংকে প্রডিউসার নামক গ্যাস দ্বারা উত্তপ্ত করা হয়। কাউপার স্টোভের ন্যায় এরূপ চুল্লীতে অগ্নিসহ-ইট-দ্বারা তৈরী তাপ পুনরুদ্ধারক ব্যবস্থা থাকে। যে-তপ্ত গ্যাস চুল্লী হইতে নির্গত হইয়া যায় তাহা দ্বারা তাপ পুনরুদ্ধারকের (heat regenerator) ইট অগ্নিতপ্ত করা হয় এবং এই অগ্নিতপ্ত ইটের সংস্পর্শে গ্যাস চালাইয়া নির্গত গ্যাসের তাপ ব্যবহার করা হয়। তাপ সংগ্রহের দুইটি বিকল্প ব্যবস্থা থাকে এবং গ্যাসের গতি পরিবর্তিত করিয়া বিকল্প প্রণালীতে একটির ভিতর দিয়া নির্গত গ্যাস চালানো হয় এবং অপরটি ভিতর দিয়া আগত গ্যাস চালানো হয়।



ইস্পাত প্রস্তুত করিবার মুক্ত-কক্ষ বা ওপেন্ হার্থ চুল্লী

বিসিমার চুল্লীর ন্যায় ওপেন হার্থ চুল্লীর লাইনিং বা প্রলেপ সিলিকা জাতীয় অগ্নিসহা ইট দ্বারা গঠিত। ইহা অ্যাসিডধর্মী লাইনিং। কিন্তু যদি ফসফরাসের পরিমাণ বেশী থাকে তবে ডলোমাইট বা ম্যাগনেসাইট হইতে তৈরী চুন বা ম্যাগনেসিয়াম দ্বারা ক্ষারধর্মী লাইনিং দেওয়া হয়।

ব্লাস্ট ফার্নেস হইতে সরাসরি কাস্ট বা পিগ আয়রন ওপেন হার্থ চুল্লীতে ঢালা হয়। এই লোহার সঙ্গে কিছু রট আয়রন বা পেটা লোহা (scrap iron) ও হিমাটাইট (haematite) মিশ্রিত করা হয়। 1500°C তাপাংকে বিগলিত লোহার সঙ্গে মিশ্রিত কার্বন হিমাটাইট (Fe_2O_3) কর্তৃক জারিত হয় এবং ম্যাঙ্গানীজ, সিলিকা ইত্যাদিও বায়ুর সংস্পর্শে জারিত হইয়া ধাতুমলে পরিণত হয়। এই ধাতুমল অপসারিত করিয়া গলিত লোহার সঙ্গে নিয়ন্ত্রিত পরিমাণে স্পাইজেল অর্থাৎ লোহা-ম্যাঙ্গানীজ-কার্বন মিশ্রণ মিশ্রিত করিয়া ইস্পাত তৈরী করা হয়। এরূপ পদ্ধতিতে ইস্পাত তৈরী করিতে 8 হইতে 10 ঘণ্টা সময় লাগে এবং মাঝে মাঝে ইস্পাতের নমুনা পরীক্ষা করা হয়। তৈরীর সঙ্গে সঙ্গে ইস্পাত পরীক্ষার এরূপ সুযোগ থাকে বলিয়া এই পদ্ধতিতে উৎকৃষ্ট মানের ইস্পাত তৈরী করা সম্ভব হয়।

ওপেন হার্থ প্রণালীতে সময় ও ব্যয় বেশী পড়ে কিন্তু ইস্পাতের মান হয় উৎকৃষ্টতর। বিসিমার পদ্ধতিতে সময় ও ব্যয় কম পড়ে কিন্তু ইস্পাতের মান হয় নিকৃষ্ট।

3. বৈদ্যুতিক ইস্পাত (Electric Steel)

যন্ত্রযান, ট্রান্সমিশন যন্ত্র ইত্যাদির বিভিন্ন অংশ প্রস্তুত করার জন্য সুদৃঢ় ও মজবুত ধরনের ইস্পাতের প্রয়োজন। এরূপ ইস্পাত তৈরী করা হয় বৈদ্যুতিক চুল্লীতে (Electric furnace)। তাপ নিয়ন্ত্রণ সম্ভব বলিয়া বৈদ্যুতিক চুল্লীতে প্রস্তুত ইস্পাতের গঠন সুনির্দিষ্টভাবে নিয়ন্ত্রিত করা যায়। এই পদ্ধতিতে বিশেষ কার্যকারিতার সঙ্গে ইস্পাত হইতে গন্ধক অপসারণ করাও সম্ভবপর।

এরূপ বৈদ্যুতিক পদ্ধতিতে বিশুদ্ধ ফেরিক অক্সাইড (Fe_2O_3) ব্যবহার করিয়া প্রথম পর্যায়ে ইস্পাতে মিশ্রিত অবাঞ্ছনীয় ফসফরাস ধাতুমল (slag) রূপে অপসারিত করা হয়।

দ্বিতীয় পর্যায়ে ধাতুমল প্রস্তুতকারী ফেরিক অক্সাইড অপসারিত করিয়া ইস্পাতে চুন ও কোক (lime and coke) মিশ্রিত করা হয়। ইহাতে ক্ষারকীয় ক্যালসিয়াম জাতীয় ধাতুমল তৈরী করা হয়। এরূপ বিক্রিয়ার সময় উচ্চতাপে ইস্পাত বিগলিত অবস্থায় রাখা হয় এবং যদি কোন ফেরিক অক্সাইড অবশিষ্ট থাকে তাহা ধাতুমল দ্বারা ধাতব লোহারূপে বিজারিত হয় এবং ইস্পাত মিশ্রিত সালফার বা গন্ধক ক্যালসিয়াম সালফাইড (CaS) রূপে মিশিয়া যায়।

বৈদ্যুতিক চুল্লীতে ইস্পাত তৈরী করার সময় বাত্যা প্রবাহের প্রয়োজন হয় না বলিয়া এরূপ ইস্পাত ফেরিক অক্সাইড ও অন্তর্ধৃত (occluded) গ্যাসবিন্দু হইতে মুক্ত থাকে। বৈদ্যুতিক চুল্লীতে প্রধানত উচ্চমানের ইস্পাত সংকর (alloy steel) তৈরী করা হয়। উচ্চ তাপাংকে প্রস্তুত করা হয় বলিয়া এরূপ ইস্পাত বহুলাংশে সমসত্ত্বভাবে গঠিত।

4. ক্রুসিবল ইস্পাত (Crucible Steel)

পেটালোহার সঙ্গে পরিমিত কার্বন মিশ্রিত করিয়া অগ্নিসহা ধাতুর তৈরী মুচির মধ্যে বিগলিত করিয়া এরূপ ইস্পাত তৈরী করা হয়। ব্লেড, ফাইল ও মিস্ত্রির যন্ত্রপাতি ইহা দ্বারা নির্মিত হয়।

ধাতু-সংকররূপে ইস্পাতের ব্যবহার
(Use of Alloy Steel)

বিভিন্ন যন্ত্রপাতি নির্মাণে ইস্পাতের চেয়ে ইস্পাত সংকর (alloy steel) বেশি কার্যকরী। ইস্পাতের সঙ্গে বিভিন্ন অনুপাতে ম্যাঙ্গানীজ, সিলিকন, নিকেল ক্রোমিয়াম, টাংস্টেন ইত্যাদি মিশ্রিত করিয়া ইস্পাত-সংকর তৈরী করা হয়।

(i) **ম্যাঙ্গানীজ স্টীল** ঃ এইরূপ ইস্পাতে 10—15 % ম্যাঙ্গানীজ মিশ্রিত

থাকে। ইহা রেল, সিন্দুক, সৈনিকের হেলমেট ইত্যাদি তৈরী করার জন্য এবং এরূপ ইস্পাত অত্যন্ত কঠিন বলিয়া পেষণ ও পালিশ-যন্ত্র নির্মাণের জন্য ব্যবহার করা হয়।

(ii) **সিলিকন স্টীল :** এরূপ ইস্পাতে 5% সিলিকন মিশ্রিত থাকে। এরূপ ইস্পাত প্রধানত বিদ্যুৎ-যন্ত্র তৈরী করার জন্য ব্যবহৃত হয়।

(iii) **ক্রোমিয়াম স্টীল :** এরূপ ইস্পাতে প্রায় 15% ক্রোমিয়াম মিশ্রিত থাকে। ইহা দ্বারা রাসায়নিক প্ল্যাণ্ট, মোটরের যন্ত্রপাতি, কাটা-চামচ ইত্যাদি তৈরী করা হয়। ক্রোমিয়াম (14 %), নিকেল (0·7 %), কার্বন (0·3%) এবং বাকী আয়রন দ্বারা গঠিত ইস্পাতকে কলংকহীন (Stainless steel) বলা হয়। ইহাতে মরিচা পড়ে না।

(iv) **নিকেল স্টীল ঃ** এরূপ ইস্পাতে বিভিন্ন অনুপাতে নিকেল ব্যবহার করা হয়। নিকেল ইস্পাত দ্বারা রেলগাড়ী, মোটর, যুদ্ধ জাহাজ, সামরিক যন্ত্রপাতি, গ্যাস-প্ল্যাণ্ট ইত্যাদি তৈরী হয়।

(v) **ক্রোম-টাংস্টেন স্টীল :** এরূপ ইস্পাতে 2—6 % ক্রোমিয়াম ও 10—20 % টাংস্টেন থাকে। ক্রোম-টাংস্টেন ইস্পাত এত কঠিন যে লাল-তপ্ত অবস্থায়ও ইহা নরম হয় না। ইহাতে কাটিবার এবং ছিদ্র করিবার যন্ত্রপাতি তৈরী করা হয়।

(vi) **হাইস্পিড-টুল স্টীল :** এরূপ ইস্পাত লোহার সঙ্গে টাংস্টেন, মলিবডেনাম বা ভেনেডিয়াম থাকে। ইহা অত্যন্ত কঠিন। পাথর বা ইস্পাত কাটার জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়।

এরূপ ইস্পাত ব্যতীত ভ্যানেডিয়াম, মলিবডেনাম ইত্যাদি ধাতু মিশ্রিত করিয়াও বিভিন্ন ধরনের ইস্পাত তৈরী করা হয়।

ইস্পাতের গঠন ও পানদান

(Composition and tempering of Steel)

ইস্পাতের প্রকৃতি নির্ভর করে ইহার মধ্যে (i) কার্বনের পরিমাণ এবং (ii) ইস্পাতের পানদানের (tempering) উপরে। ইস্পাতে কার্বনের পরিমাণ যত বাড়ে দৃঢ়তা তত বাড়ে কিন্তু নমনীয়তা হ্রাস পায় এবং ভঙ্গুরতা বৃদ্ধি পায়। নমনীয় ইস্পাতে (soft steel) কার্বনের পরিমাণ 0·08—0·18 %, মাঝারি রকমের কঠিন ইস্পাতে (medium hard) কার্বনের পরিমাণ 0·65—0·85% এবং কঠিন ইস্পাতে (hard steel) কার্বনের পরিমাণ 1—1·2 % থাকে।

ইস্পাতের পানদান (Tempering of Steel) : ইস্পাতকে লাল-তপ্ত কবিয়া গরম কবিবার পবে, তৎক্ষণাৎ জলে বা তেলে ডুবাইয়া ঠাণ্ডা করিলে ইস্পাত কঠিন হইয়া যায় এবং কাচের ন্যায় ভঙ্গুরতা লাভ করে। এরূপ ইস্পাতকে বলা হয় **তৃষ্ণা-তৃপ্ত বা কঠিন ইস্পাত** (quenched বা hardened steel)। এই ইস্পাতকে আবার নিম্ন তাপাংকে (200°C – 350°C) উত্তপ্ত করিলে ইস্পাতেব ভঙ্গুরতা দূব হয় এবং পুনরায় দৃঢ়তা লাভ করে।

লাল তপ্ত ইস্পাত জলে বা তেলে দ্রুত ঠাণ্ডা করার পরে আবার নিম্ন তাপাংকে (200°C 350°C) উত্তপ্ত করিয়া সুদৃঢ় করিবার প্রণালীকে বলা হয় ইস্পাতের পানদান (tempering of steel)।

বিভিন্ন প্রয়োজনে ব্যবহৃত ইস্পাত বিভিন্ন তাপমাত্রায় উত্তপ্ত অর্থাৎ, পানদান (tempering) করা হয় এবং এরূপ উত্তাপেব ফলে ইস্পাতের বর্ণ পবিবর্তিত হয়। যথা :

পানদানের তাপাংক		ইস্পাত		ব্যবহার
230°C	:	হাল্কা হলুদ	:	ক্ষুবেব ব্রেড
255°C	:	বাদামী হলুদ	:	ছুবি, কাঁচি
288°C	:	বেগুনী	:	ঘড়িব স্প্রিং, তরবারী
300°C	:	ঘন নীল	:	কবাত, স্প্রিং, ঘর্ষণ যন্ত্র

তিন শ্রেণীর লোহার তুলনা

ধর্ম	কাস্ট আয়রন	ইস্পাত	রট আয়রন
1. কার্বনেব পরিমাণ	1 5—5%	·25—1 5 %	0 15—0·25 %
2. গলনাংক	1200°C	1200-1400°C	1500°C
3. নমনীয়তা বা ভঙ্গুবতা	ভঙ্গুব, ঢালাই চলে পাত তৈরী কবা যায় না।	নমনীয় ও পানদানের পূর্বে ভঙ্গুর, পাত তৈরী করা যায়।	নমনীয় ও ভঙ্গুব নয়, পাত ও তাব তৈরী করা যায়।
4. কাঠিন্য	কঠিন	কঠিন ও নরম	নরম
5. গঠনাকৃতি	স্ফটিকাকর,	স্ফটিকাকার	তন্তুর আকৃতি,
6. পানদান	পান দেওয়া যায় না।	পান দেওয়া যায়।	পান দেওয়া যায় না।

ধর্ম	কাস্ট আয়রন	ইস্পাত	রট আয়রন
7 জোড়া দেওয়া	জোড়া লাগানো যায় না।	জোড়া লাগানো যায়।	জোড়া লাগানো যায় না।
8. চুম্বক-ধর্ম	স্থায়ী চুম্বক তৈরী করা যায় না।	স্থায়ী চুম্বক তৈরী করা যায়।	স্থায়ী চুম্বক তৈরী করা যায় না।
9. ব্যবহার	ঢালাই করার কাজ এবং ইস্পাত ও রট আয়রন তৈরীর কাজে ও তড়িৎচুম্বক প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।	রেল, মোটর যন্ত্রযান, মেশিনারী যুদ্ধের সামগ্রী, ডাক্তারীর যন্ত্রপাতি, চুম্বক তৈরী—বস্তুত লোহার অধিকাংশ ব্যবহার ইস্পাতের এবং ইস্পাতের উৎপাদনই সেজন্য সবচেয়ে বেশী।	বৈদ্যুতিক ও চুম্বকের যন্ত্রপাতি, সাধারণ তার, বাদ্যযন্ত্রের তার শিকল প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

লোহায় মরিচা পড়া

(Rusting of Iron)

মরিচা (Rust) : জল ও বায়ুর সংস্পর্শে সাধারণ লোহার উপরে মরিচা পড়ে। **মরিচা খুব সম্ভবত স্বল্প ফেরাস কার্বনেটসহ আর্দ্র ফেরিক অক্সাইড**। যথা :

মরিচা→$(2Fe_2O_3, 3H_2O+$ স্বল্প $FeCO_3)$

মরিচা পড়ার কারণ সম্বন্ধে বিজ্ঞানীমহল এখনও সম্পূর্ণরূপে একমত হইতে পারেন নাই। মরিচা পড়ার জন্য লোহার সংস্পর্শে জল ও অক্সিজেনের প্রয়োজন। কিন্তু শুধু অক্সিজেন-সম্পৃক্ত পাতিত জলে লোহা ডুবাইয়া রাখিলে মরিচা পড়ে না। মরিচার জন্য জলের মধ্যে দ্রবীভূত কার্বন ডাই-অক্সাইড বা ক্লোরাইড লবণ প্রয়োজন। সুতরাং বলা যায়, **মরিচা পড়ার জন্য—(i) জল, (ii) অক্সিজেন (iii) জলে দ্রবীভূত কার্বনেট** ($CO_3^{=}$) **আয়ন বা ক্লোরাইড** (Cl^-) **আয়ন প্রয়োজন**। লোহার বিশুদ্ধতার উপরেও

মরিচা পড়া অনেকাংশে নির্ভরশীল। **লোহার মধ্যে অন্য ধাতু মিশ্রিত থাকিলে এবং জলে অ্যাসিড মূলকের আয়ন** বর্তমান থাকিলে তবে মরিচা পড়ে।

মরিচার তড়িৎ-রাসায়নিক পদ্ধতি (Electro-chemical process of rusting): আধুনিক মতবাদ অনুযায়ী মরিচা (rust) গঠিত হয় তড়িৎ-রাসায়নিক পদ্ধতিতে (Electro-chemical process)। ইস্পাতের স্থানে স্থানে ক্ষুদ্র বৃত্তে (short circuit) তড়িৎ-বিশ্লেষণ ক্রিয়া ঘটে। ইস্পাতের বিচ্ছিন্ন অংশে আয়রন অক্সাইড কণা বা অন্য পদার্থ মিশ্রিত কণা এরূপ তড়িৎ-বিশ্লেষণ ক্রিয়ায় অ্যানোড বা পজেটিভ তড়িদ্দ্বারের কাজ করে এবং বিশুদ্ধ ইস্পাত কণা গঠন করে ক্যাথোড বা নেগেটিভ তড়িদ্দ্বার। ইস্পাতের উপরে পাঁতলা পর্দারূপে আস্তীর্ণ (moisture film) কার্বন ডাই-অক্সাইড-মিশ্রিত-বাষ্প (CO_2+H_2O) তড়িৎ-বিশ্লেষণ ক্রিয়ায় ইলেকট্রোলাইটের কাজ করে।

ইস্পাতের উপরের লোহার অক্সাইড-পর্দা-সংলগ্ন আয়রন হইতে ইলেকট্রন নির্গত হইয়া আয়রন-আয়ন (Fe^{++}) গঠিত হয়। যথা:

$$Fe-2e\rightarrow Fe^{++}$$

এই ইলেকট্রন ইস্পাতের দেহে প্রবাহিত হইয়া ক্যাথোডের দিকে ধাবিত হয়। ক্যাথোড এলাকায় বায়ুর অক্সিজেন পরমাণু বাষ্পের সংযোগে এই ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া হাইড্রোকসিল আয়ন (OH^-) গঠন করে। যথা:

$$O_2+2H_2O+4e\rightarrow 4OH^-$$

ফেরাস আয়ন (Fe^{++}) ইস্পাতের উপরে আস্তীর্ণ বাষ্পীয় পর্দার ভিতর দিয়া ক্যাথোডের দিকে ধাবিত হয় এবং বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া আংশিকভাবে ফেরিক আয়নে (Fe^{+++}) পরিণত হয়। অপর দিকে ক্যাথোড হইতে হাইড্রোকসিল আয়ন (OH^-) অ্যানোডের দিকে ধাবিত হয়। মধ্যপথে এরূপ বিপরীতধর্মী আয়নের বিক্রিয়ায় ফেরাস ও ফেরিক হাইড্রোক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। যথা:

$$Fe^{++}+2OH\rightleftharpoons Fe(OH)_2\downarrow,\quad Fe^{+++}+3OH\rightleftharpoons Fe(OH)_3\downarrow$$

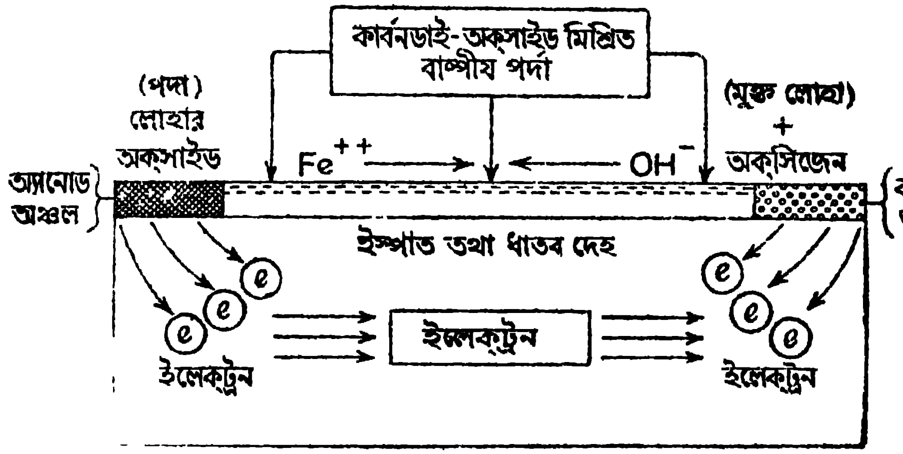
বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইডের সংযোগে এই আয়রন হাইড্রক্সাইড ফেরাস কার্বনেট বা বেসিক ফেরাস কার্বনেটে পরিণত হয়। যথা:

$$Fe(OH)_2+CO_2=FeCO_3+H_2O$$

$$FeCO_3+Fe(OH)_2\rightarrow FeCO_3,\ Fe(OH)_2 \text{ (বেসিক কার্বনেট)}$$

এই ফেরাস কার্বনেট বা বেসিক ফেরাস কার্বনেটই মরিচার বিন্দু

বা কেন্দ্র। এরূপ মরিচাকে কেন্দ্র করিয়া আরও নূতন নূতন তড়িৎ-বিশ্লেষণ ঘটে এবং নূতন মরিচা পড়ে।



মরিচার তড়িৎ-রাসায়নিক পদ্ধতি

মরিচা নিবারণের উপায় (Prevention of rusting): মরিচা পড়া হইতে লোহা রক্ষা করা যায়, (i) ঘন রঙ (pigment) দ্বারা লোহার উপরে প্রলেপ দিয়া বায়ু ও জলের সংস্পর্শ রোধ করিয়া, (ii) জিংক, টিন বা সীসা দ্বারা লোহার উপরে প্রলেপ দিয়া তথা, লেপন বা গ্যালভেনাইজ করিয়া (iii) লোহার উপরে রং, ভার্নিস, আলকাতরা, পিচ ইত্যাদির প্রলেপ (coating of paints, varnishes, coal tar, asphalt) দিয়া, (iv) বাষ্পের মধ্যে লোহাকে লাল তপ্ত করিয়া উহার উপরে অক্সাইডের পাতলা প্রলেপ ফেলিয়া, (v) অন্য ধাতু দ্বারা লোহার উপরে প্রলেপ দিয়া তথা ইলেকট্রোপ্লেটিং করিয়া এবং (vi) ক্রোমিয়াম, নিকেল, সিলিকন, কপার ইত্যাদি ধাতুর সঙ্গে ইস্পাত-সংকর গঠন করিয়া, (vii) লোহার উপরে জিংক, অ্যালুমিনিয়াম সিলিকন ইত্যাদি ধাতুর চূর্ণ ছড়াইয়া এবং তাপ ও চাপের সাহায্যে এই ধাতু চূর্ণকে প্রলেপে পরিণত করিয়া এবং (viii) তামার পাতে আবরিত করিয়া সেই লোহাকে চাপ ও তাপে রোল (roll) করিয়া।

বিশুদ্ধ লোহা (Pure Iron): বিশুদ্ধ ফেরিক অক্সাইডকে 1000°C তাপাংকে হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত করিয়া অথবা বিশুদ্ধ ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) দ্রবণ তড়িদ্‌বিশ্লেষণ করিয়া বিশুদ্ধ লোহা তৈরী করা যায়। রাসায়নিক গবেষণার মূল্য ব্যতীত বিশুদ্ধ লোহার কোন ব্যবহারিক মূল্য নাই।

$$Fe_2O_3 + 3H_2 = 2Fe + 3H_2O$$

$$FeCl_3 \rightleftharpoons Fe^{+++} + 3Cl^{-}$$

$$Fe^{+++} + 3e \rightarrow Fe\ ,\ 3Cl^{-} - e \rightarrow 3Cl\ [3Cl + 3Cl = 3Cl_2\ ]$$

লোহার সাধারণ ধর্ম

ভৌত ধর্ম (Physical properties) : (i) বিশুদ্ধ লোহা দেখিতে সাদা। (ii) ইহা নমনীয় ও প্রসারণশীল এবং তন্তুর (fibrous) আকারে গঠিত। (iii) ইহার চুম্বক ধর্ম বর্তমান। (iv) ইহার ঘনত্ব 7·85, গলনাঙ্ক 1533°C এবং স্ফুটনাংক 3000°C.

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical properties) : (i) **বায়ুর ক্রিয়া** (Action of air)—বিশুষ্ক বায়ু লোহার উপরে বিকারহীন। আর্দ্র বায়ুতে লোহার উপরে মরিচা (rust) পড়ে। অগ্নি-তপ্ত লোহা অক্সিজেনের মধ্যে স্ফুলিঙ্গ ছড়াইয়া দগ্ধ হয় এবং ফেরোসোফেরিক বা ম্যাগনেটিক অক্সাইড (Fe_3O_4) গঠন করে। যথা : $3Fe+2O_2=Fe_3O_4$

(ii) **জলের ক্রিয়া** (Action of water) : লাল তপ্ত লোহার সঙ্গে জলীয় বাষ্পের বিক্রিয়া ঘটে এবং ফেরোসো-ফেরিক বা চৌম্বিক অক্সাইড ও হাইড্রোজেন তৈরী হয়। যথা :

$$3Fe+4H_2O \rightleftharpoons Fe_3O_4+4H_2$$

(iii) **অ্যাসিডের ক্রিয়া** (Action of acid) : লঘু হাইড্রোক্লোরিক ও সালফিউরিক অ্যাসিড (dil. HCl ও H_2SO_4) লোহার সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে এবং হালকা সবুজ বর্ণের ফেরাস লবণ গঠন করে। যথা :

$$Fe+2HCl=FeCl_2+H_2\ ,\ Fe+H_2SO_4=FeSO_4+H_2$$

লোহার উপরে নাইট্রিক অ্যাসিডের কোন বিক্রিয়া নাই।

(iv) **নিষ্ক্রিয় বা প্যাসিভ লোহা** (Passive iron) : ধূমায়মান বা ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডে ডুবাইলে লোহা নিষ্ক্রিয় হইয়া যায়। এরূপ লোহার সঙ্গে লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিডের (dil. HCl বা H_2SO_4) কোন বিক্রিয়া ঘটে না। এরূপ লোহা কপার সালফেট ($CuSO_4$) হইতে কপার প্রতিস্থাপনেও অক্ষম। ইহাই কারণ, নাইট্রিক অ্যাসিডে ডুবাইলে লোহার গায়ে ফেরিক অক্সাইড (Fe_2O_3) গঠিত হয় এবং ইহা পাতলা পর্দার আবরণরূপে রাসায়নিক বিক্রিয়া হইতে লোহাকে রক্ষা করে। নিষ্ক্রিয় লোহা আঁচড়াইয়া দিলে অথবা হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে উত্তপ্ত করিলে অথবা সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে ডুবাইয়া কোন সক্রিয় লোহা দ্বারা স্পর্শ করিলে নিষ্ক্রিয় লোহা আবার সক্রিয় হইয়া ওঠে। ক্লোরাইড আয়নও (Cl^-) নিষ্ক্রিয়তা দূর করে।

(v) **ক্ষারের ক্রিয়া** (Action of alkali) : লোহার উপরে ক্ষারের বিক্রিয়া ঘটে না।

(vi) **কপার প্রতিস্থাপন** (Copper displacement) : লোহা কপার সালফেট দ্রবণ হইতে কপার প্রতিস্থাপন করে। কারণ, লোহা কপার হইতে উচ্চস্তরের ইলেকট্রো-পজেটিভ ধাতু। $2AgNO_3+Fe=Fe(NO_3)_2+Ag\downarrow$

যথা : $Fe+CuSO_4=Cu\downarrow+FeSO_4$

$$Fe+Pb(NO_3)_2=Pb\downarrow+Fe(NO_3)_2$$

(vii) **অন্যান্য মৌলের সহিত ক্রিয়া** (Reaction with other elements) : কার্বন, সালফার ও ক্লোরিনের সঙ্গে তপ্ত অবস্থায় প্রত্যক্ষভাবে সংযুক্ত হইয়া আয়রন কারবাইড (Fe_3C), ফেরাস সালফাইড (FeS) এবং ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) গঠন করে।

$$3Fe+C=Fe_3C\ ,\ Fe+S=FeS\ ,\ 2Fe+3Cl_2=2FeCl_3$$

লোহার যৌগসমূহ

লোহার যোজ্যতা দুই ও তিন। তাই, লোহা, দুই শ্রেণীর যৌগ গঠন করে। দুই যোজ্যতার যৌগকে 'ফেরাস' এবং তিন যোজ্যতার যৌগকে 'ফেরিক' যৌগ বলা হয়।

1. **আয়রন অক্সাইড :** (ক) 300°C তাপাংকে H_2 দ্বারা ফেরিক অক্সাইড বিজারণে **ফেরাস অক্সাইড** (FeO) গঠনে বিক্রিয়া :

$$Fe_2O_3+H_2=2FeO+H_2O$$

(খ) **ফেরিক অক্সাইড** (Ferric-oxide—Fe_2O_3) : প্রকৃতিতে হিমাটাইট ও লিমোনাইট রূপে ইহা পাওয়া যায়। ফেরিক হাইড্রক্সাইড, ফেরিক ও ফেরাস সালফেট সতর্কভাবে বায়ুতে উত্তপ্ত করিয়া ফেরিক অক্সাইড তৈরী করা যায়। যথা :

$$2FeSO_4=Fe_2O_3+SO_2+SO_3$$

$$2Fe(OH)_3\rightarrow Fe_2O_3+3H_2O$$

প্রাকৃতিক আয়রন পিরাইটিস তাপজারিত (roasting) করিয়াও ফেরিক অক্সাইড তৈরী করা যায়। যথা :

$$4FeS_2+11O_2\rightarrow 2Fe_2O_3+8SO_2\uparrow$$

হাইড্রোজেন বা কার্বন মনোক্সাইড দ্বারা বিজারিত করিলে ফেরিক অক্সাইড প্রথমে আয়রন মনোক্সাইড এবং পরে ধাতুতে পরিণত হয়। যথা :

$$Fe_2O_3+H_2=2FeO+H_2O\ ,\ FeO+H_2=Fe+H_2O$$

650°C তাপাংকের ঊর্ধ্বে ইহা প্রস্তুত করিলে ফেরিক অক্সাইড অ্যাসিডে অদ্রবণীয়, কিন্তু নিম্ন তাপাংকে প্রস্তুত করা হইলে অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইহা ফেরিক লবণ গঠন করে।

ব্যবহার (Uses of Ferric oxide): ফেরিক অক্সাইড দেখিতে লাল। ইহা রুজ রূপে, সোনা ও রূপার জিনিসপত্র পালিশ করার জন্য এবং রং (pigment) হিসাবে ব্যবহার করা হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনে অনুঘটকরূপেও ইহা ব্যবহার করা হয়।

(গ) চৌম্বক বা **ফেরেসো-ফেরিক অক্সাইড** (Fe_3O_4) বা (FeO, Fe_2O_3) জলীয় বাষ্পের সঙ্গে লাল তপ্ত লোহার বিক্রিয়ায় তৈরী হয়। যথা:

$$4H_2O+3Fe=Fe_3O_4+4H_2$$

2. **আয়রন হাইড্রক্সাইড:** যে কোন ফেরাস ও ফেরিক লবণের সঙ্গে ক্ষারের বিক্রিয়ায় $Fe(OH)_2$ এবং $Fe(OH)_3$ গঠিত হয়।

$$FeCl_3+3NaOH=Fe(OH)_3\downarrow+3NaCl$$

3 **আয়রন ক্লোরাইড:** লোহা এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় তৈরী হয় ফেরাস ক্লোরাইড ($FeCl_2$) এবং আয়রন ও ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় গঠিত হয় ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$)

$$[2Fe+3Cl_2=2FeCl_3]$$

4. **ফেরাস সালফেট** [$FeSO_4, 7H_2O$]: ইহাকে সবুজ ভিট্রিয়ল (green vetriol) বলা হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড ও লোহার বিক্রিয়ায় ফেরাস সালফেট ($FeSO_4$) গঠিত হয়। [$Fe+H_2SO_4=FeSO_4+H_2$]। ইহা কালী ও রং তৈরী করার জন্য, সূতিশিল্পে রঙের কাজে ও ঔষধরূপে ব্যবহৃত হয়। সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে ফেরিক অক্সাইড (Fe_2O_3) দ্রবীভূত করিয়া ফেরিক সালফেট [$Fe_2(SO_4)_3$] গঠন করা যায়।

5. **আয়রন নাইট্রেট:** ফেরাস সালফেট ও বেরিয়াম নাইট্রেটের বিক্রিয়ায় ফেরাস নাইট্রেট [$Fe(NO_3)_2$] গঠিত হয়। ফেরিক নাইট্রেট [$Fe(NO_3)_3$] গঠিত হয় ফেরিক অক্সাইড ও নাইট্রিক অ্যাসিডের ($Fe_2O_3+HNO_3$) বিক্রিয়ায়।

6. **আয়রন কার্বনেট:** ফেরাস সালফেটের সঙ্গে 150°C তাপাংকে সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের বিক্রিয়ায় ফেরাস কার্বনেট ($FeCO_3$) গঠিত হয়। **ফেরিক কার্বনেট অজ্ঞাত।**

প্রাকৃতিক আকরিক হইতে লোহার যৌগ গঠন

(Iron compounds from natural ore)

(i) **লোহার তিনযোজী ফেরিক যৌগ :**

$FeCO_3$
(স্প্যাথোজ)
তাপ
↓
$\rightarrow 6HCl \rightarrow 3H_2O+2FeCl_3$
$Fe_2CO_3 \rightarrow +$
হিমাটাইট $\rightarrow 3H_2SO_4 \rightarrow 3H_2O+Fe_2(SO_4)_3+[6NaOH]$
(তাপ ↑ জারণ) $\rightarrow 2Fe(OH)_3+3Na_2SO_4$
FeS_2 $\rightarrow 6HNO_3 \rightarrow 3H_2O+2Fe(NO_3)_3$

(ii) **লোহার দুইযোজী ফেরাস যৌগ :**

$-2HCl \rightarrow H_2O+FeCl_2$
$+[2NaOH] \rightarrow Fe(OH)_2+2NaCl$
$Fe_2O_3 \rightarrow H_2$ (বিজারণ) $\rightarrow FeO \rightarrow$ $-Ba(NO_3)_2 \rightarrow Fe(NO_3)_2+BaO$
(হিমাটাইট) $-H_2SO_4 \rightarrow H_2O+FeSO_4$
$+[NaHCO_3] \rightarrow FeCO_3$

আয়রনের সনাক্তকরণ (Test or Identification) (i) সোডিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে লোহার যে-কোন যৌগ মিশ্রিত করিয়া অঙ্গার পিণ্ডের গর্তে রাখিয়া ফুৎ-নলের সাহায্যে বুনসেন দীপের বিজারণ শিখায় উত্তপ্ত করিলে একরকম বাদামী-কালো আস্তরণ তৈরী হয়। ইহা চুম্বক দ্বারা আকর্ষিত হয়।

(ii) ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড $[K_4Fe(CN)_6]$ নামের একপ্রকার দ্রবণ মিশাইলে ঘন নীলবর্ণের (**প্রুশিয়ান ব্লু**) অধঃক্ষেপ পড়ে। কিন্তু ফেরাস ক্লোরাইডে পটাসিয়াম ফেরিসায়ানাইড $[K_3Fe(CN)_6]$ মিশাইলে ঘন নীল (**টার্নবুল ব্লু**) অধঃক্ষেপ পড়ে।

(iii) ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে অ্যামোনিয়াম থাইওসায়ানেট নামের (NH_4CNS) একপ্রকার যৌগ মিশাইলে গাঢ় লালবর্ণ তৈরী হয়। কিন্তু ফেরাস দ্রবণে এরূপ লালবর্ণের দ্রবণ তৈরী হয় না।

Questions to be discussed

1. What are the important ores of iron ? How would you extract cast iron from its ore ? Give a sketch of the blast furnace.

2. Give an outline of simple reaction involved in the preparation of cast iron in the blast furnace. What are the impurities found in cast iron ? What are uses of cast iron ? Discuss the functions of cake and lime stone. Give equations.

[*H. S* (*comp.*) *1963*]

3. How is wrought iron prepared ? (*H. S. 1962*) State the chemical principle only. What are the uses of wrought iron ?

4. What is steel ? How is steel prepared ? State the chemical principle involved. If phosphorus is present in the pig iron what type of furnace lining should be used ? What are the uses of steel ?

5. What is the cause of different properties of cast iron, wrought iron and steel ? What do you understand by tempering of iron ?

6. What is rusting of iron ? How can rusting be prevented ? What is Ferric oxide ? How can you prepare it ? What are its uses ?

7. What are the reaction of—(i) air, (ii) water, (iii) nitric acid, (vi) conc H_2SO_4 and (v) chlorine on iron ?

8. Write short notes, on—(i) magnetic iron, (ii) rouge, (iii) galvanization of iron, [*H. S. 1961 (comp), 1962*] (iv) passive iron, and (v) speigel, (vi) tempering of iron, (vii) Rusting of iron (*H. S. 1962*).

9 How would you prepare malleable iron and steel from cast iron. State the chemical principle only.

10. Name the raw materials used in the blast furnace for extraction of Pig iron. Give a brief description of the reactions and explain them with the help of simple reactions.

[*H. S. Exam. 1960*]

11. Give a neat sketch of the blast furnace used in the extraction of iron, and describe how the process is carried out. Why is limestone added ? Give equations for the reactions which take place in the blast furnace. [*H. S. Exam. 1961*]

12. What is rust? How is it formed? How can you prevent it? [*H. S. Exam. 1964*]

13. Describe briefly the preparation of steel. [*H. S. 1962*]

14. Describe preparation, properties and use of Ferric chloride. What happens when iron filings are added to copper sulphate solution? [*H. S. (comp.) 1962*]

15. Give a comparative statement of the physical properties and compositions of cast iron, wrought iron and steel. State their uses. Describe how steel is prepared from cast iron. Name the elements besides iron and carbon present in steel.
[*H. S. (comp) 1964*]

১৬

অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি বা অ্যাসিডিমেট্রি ও অ্যালকালিমেট্রি

পরীক্ষা : একটি বিকারে 25 c. c. লঘু কস্টিক সোডা (NaOH) দ্রবণ লও। একটি ব্যুরেট লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl) দ্বারা পূর্ণ কর। লক্ষ্য রাখ, অ্যাসিডের সমতল যেন ব্যুরেটের নির্দিষ্ট দাগের সঙ্গে সমান্তরাল থাকে। বীকারের কস্টিক সোডা (NaOH) দ্রবণে দু-এক ফোঁটা লিটমাস দ্রবণ ফেল। লিটমাসের সংস্পর্শে ক্ষারীয় কস্টিক সোডা (NaOH) দ্রবণ **নীল** হইয়া যাইবে। এখন ব্যুরেটের ছিপি নিয়ন্ত্রিত করিয়া বীকারের ক্ষার দ্রবণে ফোঁটা ফোঁটা অ্যাসিড ফেল এবং কাচের শলা দ্বারা ক্রমাগত ক্ষার দ্রবণ নাড়িয়া দাও। দেখিবে, কিছুক্ষণ ফোঁটা ফোঁটা করিয়া অ্যাসিড ফেলিবার ফলে এক সময়ে ক্ষার (NaOH) দ্রবণের **নীল** রঙ **বেগুনী** হইয়া গেল। এই বেগুনী দ্রবণে আর এক ফোটা অ্যাসিড (HCl) ফেলিলে দ্রবণের রঙ **লাল** হইয়া যাইবে এবং এক ফোটা অতিরিক্ত কস্টিক সোডা বা ক্ষার (NaOH) দ্রবণ মিশাইলে বেগুনী রঙ আবার **নীল** হইয়া যাইবে।

এরূপ পরীক্ষায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ক্ষারের পরস্পরিক বিক্রিয়ায় লবণ ও জল তৈরী হইয়াছে যথা : $NaOH+HCl = NaCl+H_2O$, অর্থাৎ, বীকারের তরলের মধ্যে এখন অ্যাসিড নাই, ক্ষারও নাই,—আছে শুধু অ্যাসিড বা ক্ষার-ধর্মহীন সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl) লবণ ও জল (H_2O); লবণ ও জলের ন্যায় নিরপেক্ষ দ্রব্যের সংস্পর্শে লিটমাস দ্রবণের রঙ হয় বেগুনী। এক ফোঁটা অতিরিক্ত অ্যাসিড ফেলিলে দ্রবণে কিছুটা অ্যাসিড উদ্বৃত্ত হয়। তাই দ্রবণের বর্ণ হয় লাল। অ্যাসিডের বদলে যদি এক ফোঁটা ক্ষার মিশানো যায় তবে দ্রবণে কিছুটা ক্ষার উদ্বৃত্ত হয়। তাই দ্রবণের রঙ হয় নীল।

প্রশমন ক্রিয়া বা নিউট্রেলিজেশন (Neutralisation) : অ্যাসিড দ্বারা ক্ষার বা অ্যালকালিকে অথবা ক্ষার বা অ্যালকালি দ্বারা

অ্যাসিডকে প্রশমিত বা নিরপেক্ষ তথা, লবণ ও জলে পরিণত করার বিক্রিয়াকে বলা হয় প্রশমন বা নিউট্রেলিজেশন। এরূপ প্রশমন বিক্রিয়ার রাসায়নিক অর্থ অ্যাসিডের হাইড্রোজেনের (H) সঙ্গে ক্ষারকের বা ক্ষারের অক্সিজেন (O) বা হাইড্রোক্সিল (OH) মূলকের সংযোগে লবণ ও জল গঠন।

প্রশমন বিক্রিয়ার আয়ণীয় সংজ্ঞা (Ionic definition of neutralisation): আয়নীয় তত্ব (Ionic theory অনুযায়ী অ্যাসিডের হাইড্রোজেন আয়নের (H^+) সঙ্গে ক্ষারের হাইড্রক্সিল আয়নের (OH^-) সংযোগে জলের (H_2O) অবিয়োজিত (undissociated) অণু গঠন পদ্ধতিকে প্রশমন ক্রিয়া বলা হয়।

$$\begin{array}{ccccc} NaOH & \rightleftharpoons & Na^+ & + & OH^- \\ + & & + & & + \\ HCl & \rightleftharpoons & Cl^- & + & H^+ \\ & & \upharpoonleft\downharpoonright & & \upharpoonleft\downharpoonright \\ & & NaCl & & H_2O\ (\text{অবিয়োজিত}) \end{array}$$

$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 \rightleftharpoons 2Na^+ + CO_3^= + 2H^+ + SO_4^=$$
$$\rightleftharpoons Na_2SO_4 + H_2O + CO_2$$
$$NH_4OH + HCl \rightleftharpoons NH_4^+ + OH + H^+ + Cl^- \rightleftharpoons NH_4Cl + H_2O$$

অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি বা অ্যাসিডিমেট্রি ও অ্যালকালিমেট্রি

(Acidimetry and Alkalimetry)

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও কষ্টিক সোডার প্রশমনের উল্লিখিত পরীক্ষাটির সাহায্যে যদি ক্ষারের **মাত্রা** বা **শক্তি** (strength) জানা থাকে তবে অ্যাসিডের অজ্ঞাত মাত্রা বা শক্তি নির্ণয় করা যায়, অথবা যদি অ্যাসিডের শক্তি বা মাত্রা জানা থাকে তবে ক্ষারের অজ্ঞাত মাত্রা বা শক্তি নির্ণয় করা যায়।

মনে কর, 15 c.c 5 % কষ্টিক সোডা দ্রবণ 10 c.c. অজ্ঞাত মাত্রায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রশমিত করিয়াছে। 5% মাত্রার কষ্টিক সোডা দ্রবণের অর্থ :

100 c c. কষ্টিক সোডা দ্রবণে আছে 5 গ্রাম NaOH

∴ 15 c.c. … … … আছে $\frac{5}{100}\times 15=\frac{3}{4}$ গ্রাম NaOH ;

বিক্রিয়া অনুযায়ী :

$$NaOH+HCl=NaCl+H_2O$$

$NaOH=(23+16+1)=40$, $HCl=(1+35·5)=36·5$

অর্থাৎ 40 গ্রাম NaOH প্রশমিত করে 36·5 গ্রাম HCl

∴ $\frac{3}{4}$ গ্রাম .. .. … $\frac{36·5}{40}\times\frac{3}{4}=$ ·684 গ্রাম HCl

15 c.c NaOH প্রশমিত করিয়াছে 10 c.c. HCl

সুতরাং 10 c c. HCl অ্যাসিডে আছে ·684 গ্রাম HCl

∴ 100 c c .. · $\frac{·684}{10}\times 100$ গ্রাম HCl

= 6·84 গ্রাম HCl

অর্থাৎ, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মাত্রা বা শক্তি = 6·84%

একই ভাবে অ্যাসিডের মাত্রা বা শক্তি জানিয়া ক্ষারের অজ্ঞাত মাত্রা বা শক্তি নির্ণয় করা যায়।

অম্লমিতি (Acidimetry) : যথাযোগ্য নির্দেশকের উপস্থিতিতে যে পদ্ধতিতে জ্ঞাত শক্তি বা মাত্রার অ্যাসিড দ্বারা অজ্ঞাত মাত্রার ক্ষার বা অ্যালকালিকে প্রশমিত করিয়া সেই ক্ষারের মাত্রা বা শক্তি নির্ণয় করা যায় তাহাকে বলা হয় অম্লমিতি বা অ্যাসিডিমেট্রি।

ক্ষারমিতি (Alkalimetry) : যথাযোগ্য নির্দেশকের উপস্থিতিতে যে-পদ্ধতিকে জ্ঞাত মাত্রা বা শক্তির ক্ষার বা অ্যালকালি দ্বারা অজ্ঞাত মাত্রার অ্যাসিড প্রশমিত করিয়া সেই অ্যাসিডের মাত্রা বা শক্তি নির্ণয় করা যায় তাহাকে বলা হয় ক্ষারমিতি বা অ্যালকালিমেট্রি (Alkalimetry)।

বিজ্ঞানী ভোগেল (Vogel) উল্লিখিত সংজ্ঞার সমর্থক। কিন্তু অনেক ব্যবহারিক রসায়নে ইহার ঠিক বিপরীত সংজ্ঞাও দেখা যায়।

অম্লমিতি ও ক্ষারমিতির ব্যবহারিক গুরুত্ব : এরূপ অম্লমিতি বা ক্ষারমিতির সহায়তায় (1) বিনা ওজনেই জ্ঞাত মাত্রার অ্যাসিড দ্বারা ক্ষার অথবা

অ্যাসিডের অজ্ঞাত মাত্রার পরিমাণ নির্ণয় করা যায়, (ii) অ্যাসিড ও ক্ষারের এরূপ মাত্রা নির্ণয় করিতে স্বল্প সময় লাগে এবং (iii) এরূপ মাত্রা বিশেষ নির্ভুলভাবে নির্ণয় করা যায়।

20 c.c. কুইনিন দ্রবণে যদি 10 গ্রাম কুইনিন দ্রবীভূত থাকে তাহা হইলে দ্রবণের 1 c.c. দাগের কুইনিনে যে ·5 গ্রাম কুইনিন আছে তাহা বিনা ওজনেই বলিয়া দেওয়া যায়।

অম্লমিতি ও ক্ষারমিতির পদ্ধতি

অম্লমিতি বা ক্ষারমিতির তথা অ্যাসিডিমেট্রি বা অ্যালকালিমেট্রির সাহায্যে অজ্ঞাত ক্ষার বা অ্যাসিডের মাত্রা নির্ণয়ের জন্য জানা প্রয়োজন :

প্রথমত, অ্যাসিড অথবা ক্ষারের অজ্ঞাত মাত্রা নির্ণয়ের জন্য প্রয়োজন ক্ষার অথবা অ্যাসিডের একটি জ্ঞাতমাত্রার দ্রবণ (solution of known strength)।

দ্বিতীয়ত, কিভাবে অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রশমন-ক্রিয়া সম্পন্ন করা যায় সেই প্রণালী বা টাইট্রেশন পদ্ধতি (titration)।

তৃতীয়ত, প্রশমন ক্রিয়ায় ঠিক কোন মুহূর্তে অ্যাসিড ও ক্ষার প্রশমন সম্পূর্ণ হয় তাহার সংকেত বা নির্দেশ (Indication)।

1. **টাইট্রেশন** (Titration) : **যে-প্রণালীতে অ্যাসিড ও ক্ষার প্রশমিত করা হয় তাহাকে বলা হয় টাইট্রেশন**। সাধারণত অ্যাসিড ব্যুরেটে রাখিয়া এবং ক্ষার বিকার বা কোণাকার ফ্লাস্কে রাখিয়া ধীরে ধীরে অ্যাসিড ও ক্ষার মিশ্রিত করিয়া নির্দেশক বা ইণ্ডিকেটারের সাহায্যে যে প্রশমন বিক্রিয়া সম্পন্ন করা হয় তাহাই টাইট্রেশন।

2. **নির্দেশক বা ইণ্ডিকেটার** (Indicator) : **যে-পদার্থ দ্রবণের বর্ণ পরিবর্তন করিয়া প্রমশন-ক্রিয়ার সম্পূর্ণতা নির্দেশ করে তাহাকে বলা হয় নির্দেশক বা ইণ্ডিকেটর**। যে পদার্থের বর্ণ অ্যাসিডের সংস্পর্শে এক রকম, ক্ষারের সংস্পর্শে আর এক রকম এবং লবণ ও জল অর্থাৎ অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রশমনে উৎপন্ন পদার্থের সংস্পর্শে অন্যরকম

তাহাকেই বলা হয় নির্দেশক বা ইণ্ডিকেটার। লিটমাস দ্রবণ অ্যাসিডের সংস্পর্শে লাল, ক্ষারের সংস্পর্শে নীল এবং লবণ-জলের সংস্পর্শে বেগুনী।

3. **প্রমাণ বা স্ট্যাণ্ডার্ড দ্রবণ (Normal or standard sol.) :** অ্যাসিড বা ক্ষারের অজ্ঞাত মাত্রা নির্ণয়ের জন্য ক্ষার বা অ্যাসিড—এরূপ দ্রবণ দুইটির মধ্যে একটির মাত্রা বা শক্তি (strength) জানা থাকা প্রয়োজন। এরূপ **জ্ঞাতমাত্রার অ্যাসিড, ক্ষার বা লবণের দ্রবণকে বলা হয় প্রমাণ** বা **স্ট্যাণ্ডার্ড দ্রবণ**। 5% NaOH দ্রবণ, ইহা কষ্টিক সোডার একটি প্রমাণ দ্রবণ। 10% HCl ও 15% Na_2CO_3 দ্রবণ—ইহাও প্রমাণ দ্রবণের উদাহরণ। নর্ম্যাল, ডেসিনর্ম্যাল, সেমিনর্ম্যাল দ্রবণও প্রমাণ দ্রবণের উদাহরণ।

নির্দেশক বা ইণ্ডিকেটারের বৈশিষ্ট্য

নির্দেশক জৈব পদার্থ দ্বারা তৈরী জৈব যৌগ বিশেষ। প্রশমন বিক্রিয়ায় ইহাদের বর্ণ পরিবর্তিত হয়।

কয়েকটি নির্দেশক বা ইণ্ডিকেটারের উদাহরণ

নির্দেশক	বর্ণ প্রশম দ্রবণে	বর্ণ অ্যাসিড দ্রবণে	বর্ণ ক্ষার দ্রবণে
1. লিটমাস	বেগুনী	লাল	নীল
2 মিথাইল অরেঞ্জ	কমলা	লাল বা লালাভ (pink)	হলুদ
8 ফিনলপথ্যালিন	বর্ণহীন	বর্ণহীন	লাল বা লালাভ (pink)

যে-বিক্রিয়ায় অ্যাসিডিক অক্সাইড (CO_2) নির্গত হয় সেরূপ ক্ষেত্রে লিটমাস নির্দেশক ব্যবহার করা হয় না। এরূপ ক্ষেত্রে মিথাইল অরেঞ্জ ব্যবহার করা হয়। বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া (NH_3) নির্গত হইলে ফিনপথ্যালিন ব্যবহার করা হয় না।

কোন্ ক্ষেত্রে কিরূপ নির্দেশক ব্যবহার করা প্রয়োজন তাহা অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। অ্যাসিটিক্ অ্যাসিড, অকজেলিক অ্যাসিড ইত্যাদি জৈব অ্যাসিড **মৃদু অ্যাসিড**, কিন্তু হাইড্রোক্লোরিক, সালফিউরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিড (HCl, H_2SO_4, HNO_3) ইত্যাদি অজৈব অ্যাসিড **তীব্র অ্যাসিড**; অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH) মৃদু ক্ষার, কিন্তু সোডিয়াম ও পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড (NaOH ও KOH)

তীব্র ক্ষার। বিভিন্ন অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রশমন ক্রিয়ায় নির্দেশক ব্যবহারের রীতি :

	টাইট্রেশন (Titration)	**উপযোগী নির্দেশক** (Indicator)
(i)	তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষার	যে-কোন নির্দেশক
(ii)	তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষার	মিথাইল অরেঞ্জ (methyl orange)
(iii)	মৃদু অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষার	ফিনপথ্যালিন (phenolphthalein)
(iv)	মৃদু অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষার	টাইট্রেশন করা চলে না

ইণ্ডিকেটার ব্যবহারে পরিলক্ষণীয় বিষয়

(i) **মিথাইল অরেঞ্জ** (Mythyl orange) : অ্যাসিড মিশ্রিত দ্রবণে মিথাইল অরেঞ্জ ইণ্ডিকেটার মিশাইলে দ্রবণ লাল বর্ণে রূপান্তরিত হয়। (ক্ষার দ্রবণে হলুদ, অ্যাসিড দ্রবণে লাল)। তীব্র অ্যাসিড'ও মৃদু ক্ষারের প্রশমনের ফলে যে লবণ গঠিত হয় তাহা আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া দ্রবণে অ্যাসিড গঠন করে। তাই প্রশমন-ক্ষণে (end point) দ্রবণে সামান্য অ্যাসিড ধর্ম প্রকাশ পায়। যথা :

$$NH_4OH + HCl = NH_4Cl + H_2O$$
$$NH_4Cl + H_2O \rightleftharpoons NH_4OH + HCl$$

(2) **ফেনপথ্যালিন** (Phenolphthalien) : ফেনপথ্যালিন ক্ষারীয় দ্রবণকে লালাভ (pink) বর্ণে রূপান্তরিত করে, কারণ প্রশমনের ফলে যে লবণ গঠিত হয় তাহা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া ক্ষার গঠন করে।

$$CH_3COOH + NaOH = CH_3COONa + H_2O$$
$$CH_3COONa + H_2O = CH_3COOH + NaOH$$

সোডিয়াম কার্বনেট প্রশমনে ফেনপথ্যালিন ইণ্ডিকেটার ব্যবহারের সর্তকতা (Use of Phenolphthalien in Sodium carbonate neutralisation) :

তীব্র অ্যাসিড এবং সোডিয়াম কার্বনেটের প্রশমন ক্রিয়ায় ফেনপথ্যালিন ইণ্ডিকেটার ব্যবহার করিলে একথা স্মরণ রাখা প্রয়োজন যে ফেনপথ্যালিন ইণ্ডিকেটার শুধু অর্ধেক পরিমাণ সোডিয়াম কার্বনেটের প্রশমন ক্রিয়া নির্দেশ করে। কারণ, এরূপ প্রশমন ক্রিয়ায় প্রথম পর্যায়ে সোডিয়াম কার্বনেট রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সোডিয়াম বাই-কার্বনেট গঠন করে। যথা :

$$Na_2CO_3 + HCl = NaHCO_3 + NaCl$$

এই **সোডিয়াম বাইকার্বনেট** ($NaHCO_3$) **ফেনপথ্যালিনের সংস্পর্শে ক্ষারীয় নয় বলিয়া ইহার সংস্পর্শে সোডিয়াম বাইকার্বনেট মিশ্রিত দ্রবণের বর্ণ লাল বা লালাভ হয় না, বরং বর্ণহীন হয়।**

সুতরাং ফেনপথ্যালিন ইণ্ডিকেটার ব্যবহার করিয়া সোডিয়াম কার্বনেট প্রশমিত করার ক্ষেত্রে দ্রবণ বর্ণহীন হইলে বুঝিতে হইবে যে মাত্র **অর্ধেক পরিমাণ সোডিয়াম কার্বনেট প্রশমিত হইয়াছে।**

অবশিষ্ট **সোডিয়াম বাইকার্বনেট প্রশমনে মিথাইল অরেঞ্জ ইণ্ডিকেটার ব্যবহার করিয়া সম্পূর্ণ করিতে হয়।**

পরীক্ষা নির্ভুল হইলে দেখা যাইবে যে ফেনপথ্যালিন ব্যবহৃত অর্ধ-প্রশমন ক্রিয়ায় যত আয়তন অ্যাসিড ব্যবহৃত হইয়াছে, মিথাইল অরেঞ্জ ব্যবহার করিয়া প্রশমন ক্রিয়া সম্পূর্ণ করার জন্য ঠিক তত আয়তন অ্যাসিড ব্যবহৃত হইয়াছে। তাই সম্পূর্ণ প্রশমন ক্রিয়ার জন্য ব্যবহৃত অ্যাসিডের আয়তন দুই পর্যায়ে ব্যবহৃত অ্যাসিডের যোগফলের সমান হইবে।

প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুতির প্রণালী

(Preparation of Standard Solution)

অ্যাসিড, ক্ষার বা লবণের প্রমাণ দ্রবণ অর্থাৎ, জ্ঞাত মাত্রার দ্রবণ তৈরী করা হয় গ্রাম-তুল্যাংক অনুপাতে অ্যাসিড, ক্ষার বা লবণ জলে মিশ্রিত করিয়া নির্দিষ্ট আয়তনের দ্রবণ প্রস্তুত করিয়া। সুতরাং প্রমাণ দ্রবণ তৈরী করার জন্য অ্যাসিড, ক্ষার ও দ্রবণের **তুল্যাংক** ও **গ্রাম-তুল্যাংকের** সংজ্ঞা জানা প্রয়োজন। মৌলিক পদার্থের তুল্যাংকের সংজ্ঞা আগেই বর্ণনা করা হইয়াছে, যৌগ পদার্থের তুল্যাংক ও গ্রাম-তুল্যাংক অনুরূপ :

1. **অ্যাসিডের তুল্যাংক ও গ্রাম-তুল্যাংক** (Equivalent weight and gram equivalent weight of an acid) : **যত ভাগ ওজনের অ্যাসিডের মধ্যে একভাগ ওজনের প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন পাওয়া যায় অ্যাসিডের তত ভাগ ওজন-সংখ্যাকে সেই অ্যাসিডের তুল্যাংক বলা হয়। অর্থাৎ, যত গ্রাম অ্যাসিডে 1 গ্রাম (সঠিক 1·008 গ্রাম) প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন থাকে তত গ্রাম অ্যাসিডকে বলা হয় অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাংক।**

36·5 গ্রাম HCl (1 + 35·5)-এ আছে প্রতিস্থাপনযোগ্য 1 গ্রাম হাইড্রোজেন
98 গ্রাম H_2SO_4(2 + 32 + 64)-এ আছে প্রতিস্থাপনযোগ্য
2 গ্রাম হাইড্রোজেন
∴ 49 গ্রাম H_2SO_4-এ আছে প্রতিস্থাপনযোগ্য 1 গ্রাম হাইড্রোজেন
63 গ্রাম HNO_3 (1 + 14 + 48)-এ আছে প্রতিস্থাপনযোগ্য
1 গ্রাম হাইড্রোজেন

সুতরাং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাংক = 36·5 গ্রাম
সালফিউরিক অ্যাসিডের গ্রাম তুল্যাংক = 49 গ্রাম
নাইট্রিক অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাংক = 63 গ্রাম

প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেনের সংখ্যা দ্বারা অ্যাসিডের **ক্ষারগ্রাহিতা** বা **বেসিসিটি** (basicity of acid) নির্ণয় করা হয়। সুতরাং ফর্মুলার ভাষায় অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাংক লেখা যায় :

$$\textbf{অ্যাসিডের গ্রাম তুল্যাংক} = \frac{\textbf{অ্যাসিডের গ্রাম-আণবিক ওজন}}{\textbf{অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা বা বেসিসিটি}}$$

$$\text{HCl-এর গ্রাম-তুল্যাংক} = \frac{1+35{\cdot}5 \text{ গ্রাম}}{1} = 36{\cdot}5 \text{ গ্রাম}$$

$$HNO_3\text{-এর গ্রাম তুল্যাংক} = \frac{1+14+48}{1} = 63 \text{ গ্রাম}$$

$$H_2SO_4\text{-এর গ্রাম তুল্যাংক} = \frac{2+32+64}{2} = 49 \text{ গ্রাম}$$

2 **ক্ষারের তুল্যাংক ও গ্রাম-তুল্যাংক** (Equivalent weight and gram-equivalent weight of a base) :

যত ভাগ ওজনের ক্ষার বা অ্যালকালি এক তুল্যাংক পরিমাণ অ্যাসিডকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করিতে পারে তত ভাগ ওজনকে বলা হয় ক্ষারের তুল্যাংক। অর্থাৎ, 1 গ্রাম তুল্যাংক পরিমাণ অ্যাসিডকে যত গ্রাম ক্ষার সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করে তত গ্রাম-ওজনকে বলা হয় ক্ষারের গ্রাম-তুল্যাংক।

অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রশমন ক্রিয়ায় একটি হাইড্রোজেন (H) পরমাণু একটি হাইড্রোক্সিল (OH) মূলকের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায়। [$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$] সুতরাং ক্ষারে কয়টি OH-মূলক বর্তমান তাহার সংখ্যা দ্বারা ক্ষারের গ্রাম আণবিক ওজন ভাগ করিয়া ক্ষারের গ্রাম-তুল্যাংক নির্ণয় করা যায়। **অর্থাৎ,**

$$\textbf{ক্ষারের গ্রাম-তুল্যাংক} = \frac{\textbf{ক্ষারের গ্রাম-আণবিক ওজন}}{\textbf{হাইড্রোক্সিল মূলকের সংখ্যা}}$$

$$= \frac{\textbf{ক্ষারের গ্রাম আণবিক ওজন}}{\textbf{ক্ষারের অ্যাসিডগ্রাহিতা বা অ্যাসিডিটি}}$$

যদি ক্ষারক অক্সাইড জাতীয় হয় তবে প্রশমন ক্রিয়ায় একটি অক্সিজেন পরমাণুর জন্য দুইটি H-পরমাণুর প্রয়োজন। যথা: $MgO+2HCl=MgCl_2+H_2O$, সুতরাং অক্সাইড জাতীয় ক্ষারকের প্রতিটি প্রশমন-ক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী O-পরমাণুর জন্য ক্ষারকের অ্যাসিডগ্রাহিতা হইবে দুই। কষ্টিক সোডাতে (NaOH) OH-মূলকের সংখ্যা 1, সুতরাং NaOH-এর গ্রাম-তুল্যাংক $=\frac{23+16+1}{1}=40$ গ্রাম। কষ্টিক পটাশে (KOH) OH-মূলকের সংখ্যা 1, সুতরাং KOH-এর গ্রাম-তুল্যাংক $=\frac{39+16+1}{1}=56$ গ্রাম। ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডে OH-মূলকের সংখ্যা 2, সুতরাং $Ca(OH)_2$-এর গ্রাম-তুল্যাংক $=\frac{40+32+2}{2}=37$ গ্রাম। CaO-এর গ্রাম তুল্যাংক $=\frac{40+16}{2}=8$, Fe_2O_3-এর গ্রাম-তুল্যাংক $=\frac{122+48}{6}=26{\cdot}66$

৩. **লবণের তুল্যাংক ও গ্রাম-তুল্যাংক (Equivalent wt and gram equivalent wt. of a salt):** **যত ভাগ ওজনের লবণে হাইড্রোজেনের সমতুল্যাংক পরিমাণের ধাতু পাওয়া যায় সেই ওজন-সংখ্যাকে লবণের তুল্যাংক বলা হয়। অর্থাৎ, যত গ্রাম লবণে এক গ্রাম-তুল্যাংক পরিমাণ হাইড্রোজেনের সমতুল্যাংক ধাতু পাওয়া যায় তত গ্রাম ওজনকে লবণের গ্রাম-তুল্যাংক বলা হয়।** সুতরাং

$$\text{একটি ধাতুর গ্রাম-তুল্যাংক}=\frac{\text{ধাতুর গ্রাম-পারমাণবিক ওজন}}{\text{ধাতুর যোজ্যতা}}$$

$$\text{সেইরূপ, লবণের গ্রাম তুল্যাংক}=\frac{\text{লবণের গ্রাম-আণবিক ওজন}}{\text{লবণে অবস্থিত ধাতুর সমগ্র যোজ্যতা}}$$

$$=\frac{\text{লবণের গ্রাম-আণবিক ওজন}}{\text{ধাতু-পরমাণুর সংখ্যা}\times\text{যোজ্যতা}}$$

সোডিয়াম কার্বনেটের (Na_2CO_3) গ্রাম-তুল্যাংক

$$=\frac{23\times2+12+16\times3}{2\times1}=\frac{106}{2}=53 \text{ গ্রাম}$$

ক্যালসিয়াম কার্বনেটের ($CaCO_3$) গ্রাম তুল্যাংক

$$=\frac{40+12+16\times3}{1\times2}=\frac{100}{2}=50 \text{ গ্রাম}$$

সিলভার নাইট্রেটের ($AgNO_3$) গ্র্যাম-তুল্যাংক

$$=\frac{108+14+16\times3}{1\times1}=170 \text{ গ্রাম}$$

কপার সালফেটের ($CuSO_4, 5H_2O$) গ্রাম-তুল্যাংক

$$=\frac{63{\cdot}5+32+16\times4+5\times18}{1\times2}=\frac{249{\cdot}5}{2}=124{\cdot}75 \text{ গ্রাম}$$

ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের (MgO) গ্রাম-তুল্যাংক

$$=\frac{24+16}{1\times2}=\frac{40}{2}=20 \text{ গ্রাম}$$

কয়েকটি অ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণের গ্র্যাম-তুল্যাংক

অ্যাসিড (Acid)	আণবিক ওজন	ক্ষারগ্রাহিতা বা বেসিসিটি	গ্রাম-তুল্যাংক
হাইড্রোক্লোরিক—HCl	36·5	1	36·5
নাইট্রিক—HNO_3	63	1	63
সালফিউরিক—H_2SO_4	98	2	49
ফসফরিক—H_3PO_4	98	3	32·67
ক্ষার বা ক্ষারক (Alkali or base)	**আণবিক ওজন**	**অ্যাসিডগ্রাহিতা বা অ্যাসিডিটি**	**গ্রাম তুল্যাংক**
কষ্টিক সোডা—$NaOH$	40	1	40
কষ্টিক পটাস—KOH	56	1	56
ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড—$Ca(OH)_2$	74	2	37
অ্যামোনিয়া—NH_3	17	1	17
অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড—NH_4OH	35	1	35
ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড—MgO	40	2	20
লবণ (Salt)	**আণবিক ওজন**	**সমগ্র যোজ্যতা**	**গ্রাম-তুল্যাংক**
সোডিয়াম কার্বনেট—Na_2CO_3	106	2	53
ক্যালসিয়াম কার্বনেট—$CaCO_3$	100	2	50
ফেরিক ক্লোরাইড-$FeCl_3,6H_2O$	270·5	3	90·71
সিলভার নাইট্রেট—$AgNO_3$	170	1	170
কপার সালফেট-$CuSO_4, 5H_2O$	249·5	2	124·75
সিলভার ক্লোরাইড—$AgCl$	143·34	1	143·34

নর্ম্যাল দ্রবণ

(Normal Solution)

এক গ্রাম-তুল্যাংক পরিমাণ কোন পদার্থ জলে দ্রবীভূত করিয়া 1000 c.c. বা 1000 ml তথা 1 লিটার দ্রবণ তৈরী করা হইলে সেই দ্রবণকে নর্ম্যাল দ্রবণ বলা হয়।

নর্ম্যাল দ্রবণ লেখা হয় (N) এই চিহ্ন দ্বারা। (N)H_2SO_4, (N)NaOH—ইহার অর্থ, সালফিউরিক ও কস্টিক সোডার নর্ম্যাল দ্রবণ।

নর্ম্যাল দ্রবণের সংজ্ঞা অনুযায়ী : (c.c = ml)

1000 c c. বা ml (N) H_2SO_4 দ্রবণে থাকে	49 গ্রাম H_2SO_4
1000 c c. বা ml (N) Na_2CO_3 দ্রবণে···	53 গ্রাম Na_2CO_3
1000 c.c. বা ml (N) $CuSO_4$, $5H_2O$ ·	124·75 গ্রাম $CuSO_4,5H_2O$
1000 c c বা ml (N) HCl দ্রবণে থাকে	36 5 গ্রাম HCl
1000 c c. বা ml (N) NaOH	40 গ্রাম NaOH
1000 c.c. বা ml (N) KOH	56 গ্রাম KOH
1000 c.c. বা ml (N) $Ca(OH)_2$··· ····	37 গ্রাম $Ca(OH)_2$

মোলার সল্যুশন বা আণব দ্রবণ (Molar solution) : গ্রাম তুল্যাংকের পরিবর্তে গ্রাম-আণবিক ওজনেও দ্রবণের মাত্রার পরিচয় দেওয়া যায়।

1000 c c. দ্রবণে যদি এক গ্রাম-আণবিক ওজনের কোন পদার্থ দ্রবীভূত থাকে তবে সেই দ্রবণকে আণব দ্রবণ বা মোলার দ্রবণ বলা হয়।

H_2SO_4-এর মোলার দ্রবণে	1000 c.c.	তে		H_2SO_4	থাকে	98 গ্রাম
কিন্তু H_2SO_4-এর নর্ম্যাল দ্রবণে	,,	,,	,,	H_2SO_4	থাকে	49 গ্রাম
HCl-এর মোলার দ্রবণে	,,	,,	,,	HCl	থাকে	36 5 গ্রাম
এবং HCl-এর নর্ম্যাল দ্রবণেও	,	,,	,,	HCl	থাকে	36·5 গ্রাম

যদি কোন যৌগের গ্রাম-আণবিক ওজন ও গ্রাম-তুল্যাংক এক হয় তবে মোলার দ্রবণ ও নর্ম্যাল দ্রবণের মাত্রা বা শক্তিও (strength) হয় এক রকম।

অম্লমিতি বা ক্ষারমিতি পরীক্ষার জন্য নর্ম্যাল দ্রবণের মাত্রা বা শক্তি অতিরিক্ত তীব্র হইয়া পড়ে। তাই, সাধারণত নর্ম্যাল দ্রবণের অর্ধাংশ,

দশমাংশ বা শতাংশ মাত্রার দ্রবণ টাইট্রেশনের জন্য ব্যবহার করা হয়। এরূপ দ্রবণের পরিচয় দেওয়া হয় অনুরূপভাবে :

দ্রবণের নাম	দ্রবণের সাংকেতিক চিহ্ন	লিটার প্রতি দ্রব্যের ওজন
নর্ম্যাল	(N)	1 গ্রাম-তুল্যাংক
অর্ধ নর্ম্যাল (Semi-normal)	$\left(\frac{N}{2}\right)$ বা 5N	$\frac{1}{2}$ গ্রাম-তুল্যাংক
দশমাংশিক নর্ম্যাল (Decinormal)	$\left(\frac{N}{10}\right)$ বা ·1N	$\frac{1}{10}$ গ্রাম-তুল্যাংক
শতাংশিক নর্ম্যাল (Centi-normal)	$\left(\frac{N}{100}\right)$ বা 01N	$\frac{1}{100}$ গ্রাম-তুল্যাংক
দ্বিগুণ নর্ম্যাল (Twice normal)	2(N)	2 গ্রাম-তুল্যাংক

কয়েকটি উদাহরণ :

1000 c.c. (ml) (N) HCl দ্রবণে থাকে 36·5 গ্রাম HCl

1000 c c. $\left(\frac{N}{2}\right)$ HCl ··· $\frac{36\cdot5}{2}$ গ্রাম HCl

1000 c c $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl · ··· $\frac{36\cdot5}{10}$ গ্রাম HCl

1000 c.c. X (N) HCl $X \times 36\cdot5$ গ্রাম HCl

100 c.c. (N) HCl ·· ·· $\frac{36\cdot5}{10}$ গ্রাম HCl

∴ 100 c.c. (N) HCl ≡ 1000 $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl

অর্থাৎ, 1 c.c. (N) HCl ≡ 10 c.c. $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl

≡ $10 \times \frac{1}{10}$ c.c. (N) HCl

অথবা, 10 c.c. X (N) HCl ≡ $(10 \times X)$ c.c. (N) HCl

এই সম্বন্ধটি সাধারণ সূত্রাকারে লেখা যায়,—

V c.c. বা ml X (N) দ্রবণ ≡ $(V \times X)$ c.c বা ml (N) দ্রবণ

V c.c. X (N) দ্রবণে বর্তমান $\frac{V.X\,E}{1000}$ গ্রাম

অথবা, V c.c. x (N) দ্রবণে বর্তমান V.X.E. গ্রাম/লিটার প্রতি

দ্রবণের মাত্রা পরিবর্তন (Change of Strength)

বিভিন্ন মাত্রার দ্রবণ পরস্পরের সঙ্গে প্রশমিত করা হয়। তাই, কিভাবে একমাত্রার দ্রবণের সঙ্গে অন্য মাত্রার সম্বন্ধ সাধারণভাবে নির্ণয় করা যায়, সে সম্বন্ধে কতগুলি সাধারণ সূত্র জানা প্রয়োজন।

1 **দ্রবণের শতাংশিক মাত্রাকে নর্ম্যাল মাত্রায় পরিবর্তন** (Percentage strength to normal solution) :

10% NaOH-দ্রবণ কত নর্ম্যাল দ্রবণ? 10% NaOH দ্রবণের অর্থ 100 c.c. দ্রবণে 10 গ্রাম NaOH অর্থাৎ 1000 c.c. দ্রবণে $10 \times 10 = 100$ গ্রাম NaOH, কিন্তু নর্ম্যাল দ্রবণের 1000 c.c. দ্রবণে থাকে 40 গ্রাম NaOH. সুতরাং 1000 c.c. দ্রবণে 100 গ্রাম NaOH তৈরী করে

$$= \frac{100}{40} \text{ (N) NaOH} = 2 \cdot 5 \text{ (N) NaOH}$$

অর্থাৎ 10% NaOH দ্রবণ = 2·5 (N) NaOH দ্রবণ

অনুরূপভাবে, 6% NaOH দ্রবণ $= \frac{60}{40}$ (N) NaOH দ্রবণ

5% H_2SO_4 দ্রবণ $= \frac{50}{49}$ (N) H_2SO_4 দ্রবণ

4% HCl দ্রবণ $= \frac{40}{36 \cdot 5}$ (N) HCl দ্রবণ

2. **দ্রবণের নর্ম্যাল মাত্রাকে লিটার-প্রতি গ্রাম হিসাবের ওজনে পরিবর্তন** (Normality to gram per litre) :

প্রতি লিটারে গ্রাম হিসাবে ওজন = নর্ম্যাল মাত্রা × গ্রাম-তুল্যাংক

[Gram per litre = Normality × Gram equivalent]

প্রতি 1000 c.c. দ্রবণে :

(2N) HCl = $(2 \times 36 \cdot 5)$ গ্রাম HCl

(3N) $H_2SO_4 = (3 \times 49)$ গ্রাম H_2SO_4

(4N) $Na_2CO_3 = (4 \times 53)$ গ্রাম Na_2CO_3

$\cdot 78 \left(\frac{N}{10}\right)$ NaOH দ্রবণের অর্থ প্রতি 1000 c.c. NaOH দ্রবণে আছে

$$\left(\frac{\cdot 78 \times 40}{10}\right) \text{ গ্রাম NaOH}$$

200 c.c. 1·5 (N) Na_2CO_3 দ্রবণে Na_2CO_3 আছে

$$\left(\frac{1 \cdot 5 \times 53 \times 200}{1000}\right) \text{ গ্রাম } Na_2CO_3$$

৪. লিটার প্রতি গ্রাম হিসাবের ওজনকে নর্ম্যাল মাত্রায় পরিবর্তন (Grams per litre to normality) :

সংজ্ঞানুযায়ী, **নর্ম্যাল মাত্রা** $= \dfrac{\text{লিটার প্রতি গ্রাম হিসাবে ওজন}}{\text{গ্রাম তুল্যাংক}}$

$$\left[\text{Normality} = \frac{\text{Grams per litre}}{\text{Gram Equivalent}}\right]$$

1000 c c. NaOH দ্রবণে 8 গ্রাম NaOH $= \frac{8}{40}$ (N) NaOH

1000 c.c HCl দ্রবণে 36·5 গ্রাম HCl

$= \frac{36{\cdot}5}{36{\cdot}5}$ (N) HCl = (N) HCl

1000 c c H_2SO_4 দ্রবণে 98 গ্রাম H_2SO_4

$= \frac{98}{49}$ (N) H_2SO_4 = 2 (N) H_2SO_4

অম্লমিতি ও ক্ষারমিতির চারিটি সূত্র

(Four Principles)

(i) **প্রথম সূত্র :** 1 c c বা ml. (N) দ্রবণ = 10 c c বা ml. $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ

$= 2$ c c $\left(\frac{N}{2}\right)$ দ্রবণ $= 100$ c.c $\left(\frac{N}{100}\right)$ দ্রবণ

(ii) **দ্বিতীয় সূত্র : সম মাত্রার** (strength) **অ্যাসিড ও ক্ষার দ্রবণ সম আয়তনে** (volume) **পরস্পরকে প্রশমিত করে।** অর্থাৎ, পারস্পরিক বিক্রিয়া সম্ভব হইলে দুইটি যৌগের মধ্যে সম-তুল্যাংক পরিমাণে বিক্রিয়া ঘটে। ইহাকে তুল্যাংক আনুপাতিক সূত্রও (Law of equivalent proportion) বলা হয়। যথা :

NaOH, HCl ও H_2SO_4—ইহাদের গ্রাম-তুল্যাংক যথাক্রমে 40, 36·5 এবং 49 অর্থাৎ 40 গ্রাম NaOH প্রশমিত করে 36·5 গ্রাম HCl অথবা 49 গ্রাম H_2SO_4 , $\underset{40}{NaOH} + \underset{36{\cdot}5}{HCl} = \underset{58{\cdot}5}{NaCl} + H_2O$

40 এবং 36 5 যথাক্রমে NaOH এবং HCl এর তুল্যাংক।

নর্ম্যাল দ্রবণের সংজ্ঞা অনুযায়ী :

1000 c c (N) NaOH দ্রবণে থাকে 40 গ্রাম NaOH
1000 c. c. (N) HCl দ্রবণে থাকে 36 5 গ্রাম HCl
1000 c.c (N) H_2SO_4 দ্রবণে থাকে 49 গ্রাম H_2SO_4

সুতরাং, 1000 c.c. (N) NaOH প্রশমিত করে 1000 c c. (N) H_2SO_4
অথবা 1000 c.c. (N) HCl

অর্থাৎ 1 c.c. (N) NaOH প্রশমিত করে 1 c.c. (N) H_2SO_4
অথবা 1 c.c. (N) HCl

অর্থাৎ 1 c.c. (N) দ্রবণের যে-কোন ক্ষার প্রশমিত করে 1 c.c. (N) দ্রবণের যে কোন অ্যাসিড।

(iii) **তৃতীয় সূত্র :** প্রতিটি প্রশমন ক্রিয়ায় :

$$\frac{\text{অ্যাসিডের মাত্রা } (S_1)}{\text{অ্যালকালির মাত্রা } (S_2)} = \frac{\text{অ্যালকালির আয়তন } (V_2)}{\text{অ্যাসিডের আয়তন } (V_1)}$$

অর্থাৎ, $\text{অ্যাসিডের মাত্রা } (S_1) \times \text{অ্যাসিডের আয়তন } (V_1)$
$= \text{অ্যালকালির মাত্রা } (S_2) \times \text{অ্যালকালির আয়তন } (V_2)$

[Strength of the Acid × Vol. of the Acid
= Strength of the Alkali × Vol of the Alkali]

(iv) **চতুর্থ সূত্র :** প্রশমন ক্রিয়া বা নিউট্রেলিজেশন পদ্ধতির সাহায্যে **অজ্ঞাত মাত্রার দ্রবণকে নর্ম্যাল মাত্রায় পরিবর্তন** (Reduction to Normal Strength) :

মনে কর, (ক) 15 c.c. বা ml (N) অ্যাসিড ≡ 5 c.c. বা ml. অজ্ঞাত মাত্রার ক্ষার দ্রবণ।

ইহার অর্থ ক্ষারের মাত্রা (strength) অ্যাসিডের চেয়ে বেশি। সুতরাং অজ্ঞাত মাত্রার ক্ষারকে নর্ম্যাল দ্রবণে পরিণত করার জন্য (15 − 5) c.c. অর্থাৎ 10 c.c. জল প্রতি 5 c.c. ক্ষার দ্রবণে মিশাইতে হইবে।

(খ) 100 c.c. 2·5 (N) দ্রবণ = 100 × 2·5 c.c. (N) দ্রবণ।
= 250 c.c. (N) দ্রবণ

এই দ্রবণকে যথার্থ নর্ম্যাল দ্রবণে পরিবর্তিত করার জন্য (250 − 100) c.c. অর্থাৎ 150 c.c জল প্রতি 100 c.c. দ্রবণে মিশাইতে হইবে।

(গ) 20 c.c. ·25 $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ = $\frac{20 \times \cdot 25}{10}$ c.c. (N) দ্রবণ
= ·5 c.c. (N) দ্রবণ
= (·5 × 10) c.c. বা ml. $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ = 5 c.c. বা ml. $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ

সুতরাং, $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণকে ·25 $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণে পরিণত করার জন্য প্রতি 5 c.c. দ্রবণে (20 − 5) অর্থাৎ 15 c.c. জল মিশাইতে হইবে।

গণনা ঃ 10 c.c. ·5 (N) HCl, 25 c.c. ·1 (N) HNO_3 and 75 c.c. ·2 (N) H_2SO_4 are mixed together. What is the normality of the mixed acid ?

10 c.c. ·5 (N) HCl $= 10 \times \frac{1}{2} = 5$ c.c. (N) HCl

25 c.c. ·1 (N) HNO_3 $= 25 \times \frac{1}{10} = 2·5$ c.c. (N) HNO_3

75 c.c. ·2 (N) H_2SO_4 $= 75 \times \frac{1}{5} = 15$ c c. (N) H_2SO_4

মিশ্র দ্রবণের আয়তন $= 110$ c.c.

(N) অ্যাসিড দ্রবণের আয়তন $= 22·5$ c.c.

মিশ্র অ্যাসিডের মাত্রা অজ্ঞাত ; মনে কর এই অজ্ঞাত মাত্রা $= x$ (N)

$\therefore \quad 110 \times x \text{ (N)} \equiv 22·5 \text{ (N)}$

$\therefore \quad x \; \frac{22·5}{110} \text{(N)} = ·2045 \text{ (N)}$

প্রমাণ বা নর্ম্যাল দ্রবণ প্রস্তুতি

(Preparation of Normal Solution)

1. **দশমাংশিক নর্ম্যাল** (decinormal) $\left(\frac{N}{10}\right)$ **সোডিয়াম কার্বনেট** (Na_2CO_3) **দ্রবণ প্রস্তুতি** (Preparation of decinormal solution of Sodium carbonate) :

সোডিয়াম কার্বনেটের গ্রাম্য-তুল্যাংক = 53 গ্রাম। সুতরাং $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ তৈরী করার জন্য 5·3 গ্রাম Na_2CO_3 প্রয়োজন।

পদ্ধতি ঃ একটি **তোলন বোতল** বা **ওয়েইং বোতলে** (Weighing bottle) বিশুদ্ধ শুষ্ক সোডিয়াম কার্বনেট লও এবং ঠিক 5·3 গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) ওজন কর। এই 5·3 গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট একটি 1000 c c. ফ্লাস্কে ঢাল। ফ্লাস্কের অর্ধেক পরিমাণ জল ঢাল এবং সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবীভূত কর। এখন সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণে জল ঢালিয়া ফ্লাস্কের 1000 c c. চিহ্ন বা দাগ পর্যন্ত পূর্ণ কর এবং কয়েকবার ফ্লাস্কটি ঝাকাইয়া লও।

এইভাবে যে দ্রবণ তৈরী করা হইল তাহাই $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 দ্রবণ।

যদি 1000 c.c. ফ্লাস্কের বদলে 250 c.c. ফ্লাস্ক দেওয়া হয় তবে সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) প্রয়োজন হইবে 5·3/4 = 1·325 গ্রাম এবং 100 c.c. ফ্লাস্ক দেওয়া হইলে Na_2CO_3 নিতে হইবে 5·3/10 = ·53 গ্রাম।

ফ্যাক্টার (Factor) বা গুণনীয়ক নির্ণয়

যতখানি প্রয়োজন সঠিক সেই পরিমাণে কোন পদার্থ রাসায়নিক তুলাদণ্ডে ওজন করা অত্যন্ত কষ্টকর ও সময়সাপেক্ষ। তাই যে-ওজন প্রয়োজন তার চেয়ে সাধারণত কিছু বেশী পরিমাণে দ্রাব্য বস্তু ওজন করা হয়।

ফ্যাকটার বা গুণক (Factor): কোন প্রমাণ দ্রবণ তৈরী করার জন্য যে ওজনে দ্রাব্য গ্রহণ করা হয় তাহাকে দ্রাব্যের যথাপ্রয়োজনীয় ওজন (theoretical weight) দ্বারা ভাগ করিলে যে সংখ্যা পাওয়া যায় তাহাকে সেই দ্রবণের ফ্যাক্টার বা গুণক বলা হয়। অর্থাৎ কোন প্রমাণ দ্রবণে দ্রবীভূত দ্রাব্যের যথা-প্রয়োজনীয় ওজনের ভগ্নাংশ সেই দ্রবণের গুণক বা ফ্যাক্টার। যথা:

$$\text{ফ্যাক্টার বা গুণক} = \frac{\text{প্রমাণ দ্রবণে যৌগের গৃহীত ওজন}}{\text{প্রমাণ দ্রবণে যৌগের যথাপ্রয়োজনীয় ওজন}}$$

(i) সালফিউরিক অ্যাসিডের নর্ম্যাল দ্রবণ প্রস্তুত করার জন্য 49 গ্রাম অ্যাসিড প্রয়োজন। কিন্তু যদি 50 গ্রাম অ্যাসিড গ্রহণ করা হয়, তাহা হইলে

$$\text{ফ্যাকটার} = \frac{\text{গৃহীত ওজন}}{\text{যথাপ্রয়োজনীয় ওজন}} = \frac{50}{49} = 1{\cdot}0204$$

সুতরাং অ্যাসিড দ্রবণের মাত্রা = 1·0204 (N) H_2SO_4

(ii) $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 দ্রবণ তৈরী করার জন্য লিটার প্রতি 5·3 গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট প্রয়োজন। কিন্তু ওজন যদি গৃহীত হয় 5·6 গ্রাম, তাহা হইলে

$$\text{ফ্যাকটার} = \frac{\text{গৃহীত ওজন}}{\text{যথাপ্রয়োজনীয় ওজন}} = \frac{5{\cdot}6}{5{\cdot}3} = 1{\cdot}0566$$

সুতরাং দ্রবণের মাত্রা = 1·0566 $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3

(iii) মনে কর 5·3 গ্রামের পরিবর্তে Na_2CO_3 ওজন করা হইল 5·3552 গ্রাম এবং ইহা 1000 c.c জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণ তৈরী করা হইল।

এরূপ ক্ষেত্রে মাত্রা ঠিক $\left(\frac{N}{10}\right)$ নয়, ইহার চেয়ে কিছু বেশি। এই মাত্রা কত বেশি তাহা নির্ণয় করা যায় এইভাবে:

5·3 গ্রাম Na_2CO_3 1000 c.c. জলে মিশাইয়া $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ তৈরী হয়

∴ 1 ... . $\frac{1}{5·3}\left(\frac{N}{10}\right)$ . .

এবং 5·3552 গ্রাম . . . $\frac{5·3552}{5·3}\left(\frac{N}{10}\right)$ ...

অর্থাৎ 5·3552 গ্রাম Na_2CO_3 1000 c.c. জলে মিশাইয়া

$1·01\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 দ্রবণ তৈরী হয়

এই 1·01 সংখ্যাকে বলা হয় $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণের ফ্যাক্টার বা গুণনীয়ক

ইহার অর্থ 1 c.c. $1·01\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ ≡ 1·01 c.c $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ

∴ 1000 c.c. $1·01\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ ≡ 1010 c.c. $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ

সুতরাং $1·01\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণকে $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণে পরিণত করার জন্য 1000 c.c $1·01\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 দ্রবণে $(1010-1000)=10$ c.c. জল মিশাইতে হইবে।

2. সালফিউরিক অ্যাসিডের দশমাংশ নর্ম্যাল (decinormal) দ্রবণ প্রস্তুতি (Preparation of decinormal solution of sulphuric acid) :

সালফিউরিক অ্যাসিডের (H_2SO_4) গ্রাম-তুল্যাংক = 49 গ্রাম। সুতরাং $\left(\frac{N}{10}\right)H_2SO_4$ দ্রবণ তৈরী করার জন্য 4·9 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড প্রয়োজন। কিন্তু 4·9 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড ওজন করা সম্ভব নয়। কারণ এই অ্যাসিড কখনও বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না। কারণ এই অ্যাসিড জলাকর্ষী। এই অ্যাসিড (H_2SO_4) সাধারণত 95% হইতে 98% বিশুদ্ধ। সুতরাং সালফিউরিক অ্যাসিডের ঘনত্ব জানিয়া ইহা মাপা হয় আয়তন হিসাবে। অ্যাসিডের বোতলের গায়ে ঘনত্ব লেখা থাকে।

মনে কর, সালফিউরিক অ্যাসিড 97% বিশুদ্ধ।

অর্থাৎ 97 গ্রাম বিশুদ্ধ অ্যাসিড আছে 100 গ্রাম সাধারণ অ্যাসিডে

4·9 ... ... $\frac{100}{97}\times 4·9=5·051$ গ্রাম অ্যাসিডে

আমরা জানি, ভর = আয়তন × ঘনত্ব, [অর্থাৎ $M=V\times D$]

মনে কর, অ্যাসিডের ঘনত্ব = 1·85 (বোতলের গায়ে লেখা থাকে)

$$\text{সুতরাং}\ V=\frac{M}{D}=\frac{5·051}{1·85}=2·73\ \text{c. c.}$$

অর্থাৎ 2·73 c c. অ্যাসিডে পাওয়া যাইবে 4·9 গ্রাম বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিড।

2·73 c c. সালফিউরিক অ্যাসিড সহজেই পিপেট বা ব্যুরেটের সাহায্যে মাপা যায়। এই অ্যাসিড মাপিয়া 1000 c.c. ফ্লাস্কে ঢালিয়া ইহার মধ্যে জল মিশাইয়া 1000 c.c চিহ্ন পর্যন্ত ফ্লাস্কটি পূর্ণ করিয়া যে দ্রবণ তৈরী হয় তাহাই H_2SO_4-এর **আনুমানিক** $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ (approximate) , ইহা **সঠিক** $\left(\frac{N}{10}\right)$ (accurate) **দ্রবণ নয়**। কারণ এইভাবে সালফিউরিক অ্যাসিডের নর্ম্যাল বা আংশিক নর্ম্যাল দ্রবণ তৈরী করা সম্ভব নয়।

অনুরূপ পদ্ধতিতে হাইড্রোক্লোরিক বা নাইট্রিক অ্যাসিডেরও শুধুমাত্র আনুমানিক মাত্রার দ্রবণ তৈরী করা যায়।

সঠিক মাত্রা নির্ণয় : জ্ঞাত মাত্রার সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণের সঙ্গে আনুমানিক মাত্রার অ্যাসিড প্রশমিত করিয়া অ্যাসিডের সঠিক মাত্রা নির্ণয় করা হয়।

সঠিক, $\left(\frac{N}{10}\right)$ অ্যাসিড দ্রবণ তৈরী করার জন্য জ্ঞাত মাত্রার যথা **সঠিক** $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 দ্রবণের সঙ্গে $\left(\frac{N}{10}\right)$ **আনুমানিক** মাত্রার সালফিউরিক অ্যাসিড টাইট্রেশন বা প্রশমিত করিয়া এই অ্যাসিডের সঠিক মাত্রা নির্ণয় করিতে হয়।

মনে কর, 10 c.c. $\left(\frac{N}{10}\right)$ $Na_2CO_3 \equiv 9·5$ c.c. H_2SO_4

$\therefore$ 1000 c. c $\left(\frac{N}{10}\right)$ $Na_3CO_3 \equiv 950$ c. c. H_2SO_4

কিন্তু 1000 c. c. $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 দ্রবণে আছে 5·3 গ্রাম Na_2CO_3 এবং 5·3 গ্রাম Na_2CO_3 প্রশমনের জন্য প্রয়োজন 4·9 গ্রাম H_2SO_4.

সুতরাং 950 c. c. সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে আছে 4·9 গ্রাম H_2SO_4 অ্যাসিড। এই অ্যাসিডের মধ্যে (1000 − 950) অর্থাৎ 50 c.c. জল মিশাইলে **আনুমানিক** $\left(\frac{N}{10}\right)$ H_2SO_4 দ্রবণ **সঠিক** $\left(\frac{N}{10}\right)$ H_2SO_4 দ্রবণে পরিণত হইবে।

এইভাবে প্রথমে **আনুমানিক** $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl বা $\left(\frac{N}{10}\right)$ HNO_3 দ্রবণ তৈরী করিয়া পরে সঠিক $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 দ্রবণের সঙ্গে প্রশমিত বা টাইট্রেট করিয়া **সঠিক** $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl বা $\left(\frac{N}{10}\right)$ HNO_3 দ্রবণ তৈরী করা যায়।

3. $\left(\frac{N}{10}\right)$ NaOH দ্রবণ প্রস্তুতি [Preparation of $\left(\frac{N}{10}\right)$ caustic soda solution]:

কষ্টিক সোডার (NaOH) গ্রাম তুল্যাংক = 40, সুতরাং $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ তৈরী করার জন্য 4 গ্রাম কষ্টিক সোডার প্রয়োজন। কিন্তু ইহা (NaOH) অত্যন্ত উদ্‌গ্রাহী পদার্থ, তাই কষ্টিক সোডা সঠিকভাবে ওজন করা যায় না। সেজন্য প্রথমে মোটামুটি 4 গ্রাম কষ্টিক সোডা (NaOH) ওজন করিয়া 1000 c. c. ফ্লাস্কে চিহ্নাঙ্ক পর্যন্ত জল মিশাইয়া কষ্টিক সোডার **আনুমানিক** $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ তৈরী করা হয়।

আনুমানিক ক্ষার দ্রবণ সঠিক অ্যাসিড দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করিয়া ক্ষারের সঠিক নর্ম্যাল মাত্রা নির্ণয় করা হয়। অর্থাৎ এই **আনুমানিক** $\left(\frac{N}{10}\right)$ NaOH দ্রবণ জ্ঞাত-মাত্রার যথা **সঠিক** $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl বা $\left(\frac{N}{10}\right)$ H_2SO_4 অ্যাসিড দ্রবণের সঙ্গে প্রশমিত করিয়া ইহার সঠিক মাত্রা নির্ণয় করা হয়।

মনে কর, টাইট্রেশনের পর দেখা গেল 25 c. c. NaOH

$\equiv$ 20 c.c. 1·055 $\left(\frac{N}{10}\right)$ অ্যাসিড দ্রবণ। আমরা জানি,

ক্ষারের আয়তন × ক্ষারের মাত্রা = অ্যাসিডের আয়তন × অ্যাসিডের মাত্রা

$\therefore$ ক্ষারের মাত্রা $= \frac{20 \times 1{\cdot}055}{25}\left(\frac{N}{10}\right) = {\cdot}845\left(\frac{N}{10}\right)$

অর্থাৎ, আনুমানিক $\left(\frac{N}{10}\right)$ NaOH দ্রবণের 1000 c.c.তে আছে

3·38 গ্রাম NaOH

প্রাইমারী ও সেকেণ্ডারী স্ট্যাণ্ডার্ড দ্রবণ (Primary and Secondary standard solution): অজ্ঞাত অ্যাসিড বা ক্ষারের শক্তি নির্ণয় করা তথা প্রশমন ক্রিয়ার জন্য জ্ঞাতমাত্রার ক্ষার বা অ্যাসিড দ্রবণ তথা স্ট্যাণ্ডার্ড সল্যুশন প্রয়োজন। যে অ্যাসিড বা ক্ষার দ্বারা জ্ঞাত মাত্রার স্ট্যাণ্ডার্ড বা প্রমাণ

দ্রবণ তৈরী করা হয় সেই অ্যাসিড বা ক্ষারকে বলা হয় **স্ট্যাণ্ডার্ড বা প্রামাণিক**। এরূপ স্ট্যাণ্ডার্ড বা প্রামাণিক দুই প্রকারের এবং এরূপ স্ট্যাণ্ডার্ড দ্বারা তৈরী দ্রবণও দুই রকম। যথা: **প্রাইমারী স্ট্যাণ্ডার্ড** বা **মুখ্য প্রাথমিক** ও **প্রাইমারী স্ট্যাণ্ডার্ড দ্রবণ** বা **মুখ্য প্রমাণ দ্রবণ** এবং **সেকেণ্ডারী স্ট্যাণ্ডার্ড** বা **পরোক্ষ প্রামাণিক** ও **সেকেণ্ডারী স্ট্যাণ্ডার্ড দ্রবণ** বা **পরোক্ষ প্রমাণ দ্রবণ**।

মুখ্য প্রামাণিক বা প্রাইমারী স্ট্যাণ্ডার্ড (Primary Standard) : **যে সমস্ত অ্যাসিড বা ক্ষার বা লবণ সরাসরি তথা প্রত্যক্ষভাবে ওজন করিয়া তাহা দ্বারা প্রমাণ দ্রবণ ~~বা স্ট্যাণ্ডার্ড সল্যুশন~~ তৈরী করা যায় তাহাকে বলা হয় মুখ্য প্রামাণিক বা প্রাইমারী স্ট্যাণ্ডার্ড।** যথা: সোডিয়াম কার্বনেট, অকজেলিক অ্যাসিড ইত্যাদি। এরূপ মুখ্য প্রামাণিক বা প্রাইমারী স্ট্যাণ্ডার্ড দ্বারা প্রস্তুত প্রমাণ দ্রবণকে প্রাইমারী স্ট্যাণ্ডার্ড দ্রবণ বা মুখ্য প্রামাণিক দ্রবণ বলা হয়।

পরোক্ষ প্রামাণিক বা সেকেণ্ডারী স্ট্যাণ্ডার্ড (Secondary Standard) : **যে অ্যাসিড বা ক্ষার বা লবণ সরাসরি বা প্রত্যক্ষভাবে ওজন করিয়া তাহা দ্বারা প্রমাণ বা স্ট্যাণ্ডার্ড দ্রবণ তৈরী করা যায় না তাহাদের পরোক্ষ বা সেকেণ্ডারী স্ট্যাণ্ডার্ড বলা হয়।** যথা: কষ্টিক সোডা, সালফিউরিক অ্যাসিড ইত্যাদি। এরূপ পরোক্ষ প্রামাণিক বা সেকেণ্ডারী স্ট্যাণ্ডার্ড দ্বারা যে প্রমাণ দ্রবণ তৈরী করা হয় তাহাদের পরোক্ষ প্রমাণ দ্রবণ বা সেকেণ্ডারী স্ট্যাণ্ডার্ড দ্রবণ বলা হয়।

[পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট প্রাইমারী স্ট্যাণ্ডার্ড এবং পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট ও সোডিয়াম থাইওসালফেট সেকেণ্ডারী স্ট্যাণ্ডার্ড। ইহাদের অকসিডেশন-রিডাকশন পদ্ধতির প্রশমন ক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয় বলিয়া এখানে উল্লেখ করা হয় নাই। এরূপ প্রশমন পদ্ধতি পাঠক্রমের অন্তর্ভুক্ত নয়।]

গণনা (Calculation)

1. How many c.c. of 36 (N) H_2SO_4 soln. is required for the preparation of 60 c.c. of 6 (N) H_2SO_4 soln.

$$x \text{ c.c.} \times 36\text{ (N) } H_2SO_4 = 60 \text{ c.c.} \times 6\text{(N) } H_2SO_4$$

$$\therefore \quad x \text{ c.c.} = \frac{60 \times 6\text{ (N)}}{36\text{ (N)}} = 10 \text{ c.c.}$$

অর্থাৎ 10 c.c. 36 (N) H_2SO_4 অ্যাসিডে জল মিশাইয়া 60 c.c. দ্রবণ তৈরী করিলে তাহা 60 c.c. 6(N)H_2SO_4 দ্রবণের সমান হইবে।

2. What is the normality of Na_2CO_3 soln. made by diluting 15 c.c. of 9 (N) Na_2CO_3 with 75 c.c. of water ?

15 c c. 9 (N) $NaCO_3 + 75$ c.c. জল $\equiv 90$ c.c. অজ্ঞাত মাত্রার Na_2CO_3 দ্রবণ।

আমরা জানি, $\text{আয়তন}_1 \times \text{মাত্রা}_1 = \text{আয়তন}_2 \times \text{মাত্রা}_2$

$$\therefore \quad 90 \text{ c.c.} \times (x)\ Na_2CO_3 = 15 \text{ c.c.} \times 9\text{(N)}\ Na_2CO_3$$

$$\therefore \quad x = \frac{15 \times 9 \text{ (N)}}{90 \times \text{ (N)}} = 1{\cdot}5 \text{ (N)}$$

সুতরাং জলমিশ্রিত Na_2CO_3 দ্রবণের নর্ম্যাল মাত্রা $= 1{\cdot}5$N

3 How many c.c. of 9 (N) H_2SO_4 soln. will be required to neutralise completely 20 c c. 3·6 (N) NaOH soln. ?

মনে কর x c.c. প্রদত্ত H_2SO_4 লাগিবে

$$\therefore \quad x \text{ c.c. } 9 \text{ (N) } H_2SO_4 \equiv 20 \text{ c.c. } 3{\cdot}6 \text{ (N) NaOH}$$

সূত্র অনুযায়ী, $V_1 \times S_1 = V_2 \times S_2$

$$\therefore \quad x \times 9 \text{ (N)} = 20 \times 3{\cdot}6 \text{ (N)}$$

অথবা, $x = \frac{20 \times 3{\cdot}6}{9} = 8$ c.c.

4. What is the normality of a H_2SO_4, 18·6 c.c. of which will neutralise 30 c.c. of 1·55 (N) KOH ?

মনে কর, প্রদত্ত H_2SO_4 এর মাত্রা x.

$$\therefore \quad 18{\cdot}6 \text{ c.c, } (x)\ H_2SO_4 \equiv 30 \text{ c c. } 1{\cdot}55 \text{ (N) KOH}$$

সূত্র অনুযায়ী, $V_1 \times S_1 = V_2 \times S_2$

$$\therefore \quad 18{\cdot}6 \text{ c.c.} \times x \equiv 30 \text{ c.c.} \times 1{\cdot}55 \text{ (N)}$$

$$\therefore \quad x = \frac{30 \times 1{\cdot}55}{18{\cdot}6} = 2{\cdot}5 \text{ (N)}$$

5. Calculate the volume of decinormal sulphuric acid required to neutralise 500 c.c. of a solution containing 2·5 gms of caustic soda per litre. Given the at. wt. of Na = 23. [*H. S 1960*]

NaOH-এর গ্রাম-তুল্যাংক = 40 গ্রাম

$\therefore$ NaOH দ্রবণের নর্ম্যালিটি $= \frac{2{\cdot}5}{40}$ (N) = ·0625 (N)

$= {\cdot}0625 \times 10 \left(\frac{N}{10}\right)$.

সূত্রানুযায়ী

$$V_1S_1 = V_2S_2$$

$$\therefore \quad V_1 = \frac{V_2S_2}{S_1} = \frac{500 \times {\cdot}0625 \times 10 \left(\frac{N}{10}\right)}{\left(\frac{N}{10}\right)}$$

$= 312{\cdot}5$ c.c.

6. 25 ml of 1·12 $\frac{N}{10}$ sodium hydroxide require 24·0 ml of a solution of sulphuric acid for complete neutralization. Calculate the normality of the acid in terms of normality and grams per litre. [*H. S. 1961*]

$$V_1S_1 = V_2S_2$$

$\therefore \quad 25 \times 1{\cdot}12 \left(\frac{N}{10}\right) = 24 \times x \left(\frac{N}{10}\right)$ [$x = H_2SO_4$-এর নর্ম্যালিটি]

$\therefore \quad x = 1{\cdot}16 \left(\frac{N}{10}\right) H_2SO_4$

লিটার প্রতি ওজন $= 1{\cdot}16 \times \frac{49}{10} = 5{\cdot}68$ গ্রাম।

7. 30 ml of solution of sulphuric acid neutralise 25 ml of a solution of sodium carbonate containing 6·0 gm of the anhydrous substance per litre. Calculate the strength of the acid in terms of normality and grams per litre.

[At wts. Na = 23, C = 12, S = 32, 1 ml = 1 c.c.]

[*H. S. Comp. 1961*]

সোডিয়াম কার্বনেটের তুল্যাংক $= \frac{Na_2CO_3\text{-এর আণবিক ওজন}}{2}$

$= \frac{2 \times 23 + 12 + 16 \times 3}{2} = 53$

Na_2CO_3-এর শক্তি $= \frac{6{\cdot}0}{53}$ (N)

$\therefore \quad 30 \times x \text{ (N)} = 25 \times \frac{6{\cdot}0}{53} \text{(N)} = {\cdot}094 \text{ (N)}$

সুতরাং ·094 (N) অ্যাসিডের গ্রাম প্রতি ওজন

$= {\cdot}094 \times 49 = 4{\cdot}606$ গ্রাম

8. (*a*) 25 c.c. of a 0·08 (N) sodium hydroxide was mixed with 20 c c. of a 0·09 (N) sodium carbonate solution. What is the normality of the resulting alkali solution.

[*H. S. 1962*]

(*b*) 30 c.c. of this mixed alkali neutralise 50 c.c. of a sulphuric acid solution. Calculate strength of the acid in normality.

(*a*) 25 c.c. 0·08 (N) NaOH = 25 × 0·08 = 2·0 c.c. (N) NaOH

20 c.c. 0·09 (N) Na_2CO_3 = 20 × 0·09 = 1·8 c c. (N) Na_2CO_3

মিশ্র দ্রবণের আয়তন = 45 c.c. মিশ্র ক্ষারের আয়তন = 3·8 c.c. (N)

$$\therefore \quad 45 \times x \text{ (N)} \equiv 3{\cdot}8 \text{ (N)}$$

$$\therefore \quad x = \frac{3{\cdot}8}{40} = 0{\cdot}0844 \text{ (N)}$$

(b) $30 \times {\cdot}0844 \text{ (N)} \equiv 50 \times x \text{ (N)}$

$$\therefore \quad x = \frac{30 \times {\cdot}0844}{50} = 0{\cdot}05064 \text{ (N)}$$

9. A solution contains 0·4940 gms. caustic soda in 125 c c. What is the factor of the solution if the strength be expressed as (*a*) N Sol, (*b*) $\frac{N}{10}$ sol., (Na = 23)

[*H.S.* (*Comp*) *1962*]

How many c.c. of a $\frac{N}{5}$ sol. of an acid will be the required to neutralise 25 c c. of the above sol. of caustic soda ?

(*a*) NaOH-এর তুল্যাংক $= \frac{23+16+1}{1} = 40$

নর্ম্যাল দ্রবণরূপে NaOH-দ্রবণের মাত্রা $= \frac{{\cdot}4940 \times 1000}{125 \times 40}$

$= {\cdot}0988$ (N) NaOH

(*b*) ডেসিনর্ম্যাল দ্রবণরূপে $= ·0988 \times 10 \left(\frac{N}{10}\right) = ·988 \left(\frac{N}{10}\right)$ NaOH

$$x \text{ cc.} \times \frac{N}{5} \equiv 25 \text{ c.c.} \times ·988 \left(\frac{N}{10}\right)$$

অথবা x c.c $\times 2\left(\frac{N}{10}\right) \equiv 25$ c.c. $\times ·988 \left(\frac{N}{10}\right)$

$\therefore$ $x = 12·35$ c.c. অ্যাসিড প্রয়োজন।

10. 50 ml of (N) H_2SO_4 are poured into 50 ml of $\left(\frac{N}{2}\right)$ NaOH. Is the resulting solution acid or alkaline ?

[*H. S. 1963*]

$$50 \text{ ml } \left(\frac{N}{2}\right) \text{NaOH} = \frac{50}{2} \text{ ml (N) NaOH} = 25 \text{ ml (N) NaOH}$$

$$25 \text{ c.c. (N) NaOH} \equiv 25 \text{ ml (N) } H_2SO_4 \text{ ;}$$

সুতরাং দ্রবণে $(50 - 25) = 25$ c.c. (N) H_2SO_4 উদ্বৃত্ত থাকিবে ; অর্থাৎ দ্রবণ অ্যাসিড-ধর্মী হইবে।

11. Calculate the amount in c.c. of 0·1 (N) H_2SO_4 necessary to react completely with a soln. that contains 0 125 gm of pure Na_2CO_3.

Na_2CO_3 এর গ্রাম তুল্যাংক $= \frac{106}{2} = 53$

$\therefore$ 1000 c.c. দ্রবণে 0·125 গ্রাম Na_2CO_3 থাকিলে দ্রবণের মাত্রা হয় $\frac{0·125}{53}$ (N) = 0 00236 (N).

সুতরাং, প্রদত্ত Na_2CO_3 দ্রবণ, 1000 c.c. 0·00236 (N) Na_2CO_3 এর সমান।

$\therefore$ মনে কর, প্রদত্ত H_2SO_4 এর x c.c. প্রয়োজন হইবে।

$\therefore$ x c.c. 0·1 (N) $H_2SO_4 \equiv 1000$ c·c. 0·00236 (N) Na_2CO_3

সূত্র অনুযায়ী, $V_1 \times S_1 = V_2 \times S_2$

$\therefore$ $x \times 0·1 = 1000 \times 0·00236$

অথবা, $x = \frac{1000 \times 0·00236}{0·1} = 23·6$ লাগিবে।

সুতরাং 23·6 c.c. প্রদত্ত H_2SO_4 লাগিবে।

12. It is found that 25·5 c.c. of H_2SO_4 completely react with 1·96 gm. of pure Na_2CO_3. What is the normality of the acid soln.?

Na_2CO_3 এর তুল্যাংক $= \frac{106}{2} = 53$

সুতরাং, 1000 c.c. দ্রবণে 1·96 গ্রাম Na_2CO_3 থাকিলে উহার মাত্রা হইবে $\frac{1{\cdot}96}{53}\,(N) = 0{\cdot}037\,(N)$

মনে কর, প্রদত্ত H_2SO_4-এর নরম্যাল মাত্রা x

$\therefore$ 25·5 c c (x) $H_2SO_4 \equiv$ 1000 c c. 0·037 (N) Na_2CO_3

সূত্র অনুযায়ী, $V_1 \times S_1 = V_2 \times S_2$

$\therefore\ 25{\cdot}5 \times x = 1000 \times 0{\cdot}037\,(N)$

অথবা, $x = \frac{1000 \times 0{\cdot}037\,(N)}{25{\cdot}5} = 1{\cdot}45\,(N)$

সুতরাং, প্রদত্ত H_2SO_4-এর নর্ম্যাল মাত্রা $= 1{\cdot}45\,(N)$

13. How many c c of 20·2 per cent by wt. of HCl having sp. gr. 1·10 will neutralise 20·5 c.c. of 1·05 (N) NaOH soln?

HCl অ্যাসিডের 1·10 আপেক্ষিক গুরুত্বের অর্থ 1 c.c. দ্রবণের ওজন 1·10 গ্রাম।

$\therefore$ 1 c.c 20·2 % HCl-এ পাওয়া যায়

$= \left(1{\cdot}10 \times \frac{20{\cdot}2}{100}\right)$ গ্রাম $= 0{\cdot}222$ গ্রাম HCl

$\therefore$ 1000 c c HCl-এ পাওয়া যায় = 222 গ্রাম HCl

আবার 1000 c c. 1 (N) HCl = 36·5 গ্রাম HCl

সুতরাং HCl দ্রবণের নর্ম্যাল মাত্রা $= \frac{222}{36{\cdot}5}\,(N) = 6{\cdot}082\,(N)$

মনে কর, x, c.c. প্রদত্ত HCl লাগিবে।

20·5 c.c. 1·05 (N) NaOH $\equiv x$ c c. 6·082 (N) HCl

এখন সূত্র অনুযায়ী,

$V_1 \times S_1 = V_2 \times S_2$

$\therefore\ 20{\cdot}5 \times 1{\cdot}05\,(N) = x \times 6{\cdot}082\,(N)$

$\therefore\ x = \frac{20{\cdot}5 \text{ c.c.} \times 1{\cdot}05\,(N)}{6{\cdot}082\,(N)} = 3{\cdot}53$ c.c.

14. 25·5 c.c. of HCl (sp. gr. 1·10 containing 20·2% by wt. HCl) neutralise 21·5 c.c. of a NaOH soln. What is the normality of the NaOH soln ?

13 নং প্রশ্নের গণনা অনুযায়ী HCl = 6·082 (N)

মনে কর, প্রদত্ত NaOH-এর মাত্রা x.

$\therefore$ 25·5 c c. 6·082 (N) HCl ≡ 21·5 c.c. (x) NaOH

সূত্র অনুযায়ী, $V_1 \times S_1 = V_2 \times S_2$

$\therefore$ $25·5 \times 6·082 \text{ (N)} = 21·5 \times x$

$$\therefore \quad x = \frac{25·5 \times 6·082 \text{ (N)}}{21·5} = 7·2 \text{ (N)}$$

15. If 20 c.c of 0·45 (N) NaOH soln. are added to 30 c.c. of 0·32 (N) HCl, is the resulting solution basic or acidic ? What is normality of (*a*) the basic or acidic final soln. (*b*) the salt formed by this neutralisation ?

20 c c. 0·45 (N) NaOH = 20 × 0·45 c.c. = 9 c.c. (N) NaOH

30 c.c. 0·32 (N) HCl = 30 × 0·32 c.c. = 9·6 c.c. (N) HCl

সূত্র অনুযায়ী, 9 c.c. (N) NaOH ≡ 9 c.c. (N) HCl

কিন্তু (N) HCl আছে 9·6 c.c. , তাই অতিরিক্ত HCl আছে

= (9·6 – 9) c.c. = 0·6 c.c.

সুতরাং বিক্রিয়ার পরে দ্রবণ অ্যাসিড-ধর্মী হইবে।

(*a*) বিক্রিয়ার পরে দ্রবণের সমগ্র আয়তন = 20 c.c. + 30 c c.

= 50 c.c.

এই 50 c c. দ্রবণে আছে 0·6 c.c. (N) HCl তুল্য HCl.

মনে কর, অবশিষ্ট দ্রবণের মাত্রা (x)

সুতরাং 50 c.c. (x) HCl ≡ 0·6 c.c. (N) HCl

$\therefore$ $50 \times x = 0·6 \times \text{(N)}$

$$\text{or } x = \frac{0·6}{50} \text{ (N)} = 0·012 \text{ (N)}$$

$\therefore$ অবশিষ্ট অ্যাসিড-ধর্মী দ্রবণের মাত্রা = 0·012 (N) (*b*) $NaOH + HCl = NaCl + H_2O$

অর্থাৎ 9 c.c. (N) $NaOH$ 9 c c. (N) HCl অ্যাসিডকে প্রশমিত করিয়া 9 c c. (N) $NaCl$ লবণ গঠন করিবে।

∴ 50 c.c. দ্রবণে 9 c.c (N) $NaCl$ দ্রবণের তুল্য $NaCl$ আছে

সুতরাং $NaCl$ লবণের নর্ম্যাল মাত্রা $= \frac{9}{50}$ (N)

$= 0{\cdot}18$ (N) $NaCl$

অর্থাৎ, বিক্রিয়ায় গঠিত $NaCl$ দ্রবণের নর্ম্যাল মাত্রা $= 0{\cdot}18$ (N)

16. How many c.c. of 10% Na_2CO_3 soln. will neutralise 1 litre of H_2SO_4 soln. containing 4·9 gms. of acid ?

H_2SO_4 অ্যাসিডের গ্রাম তুল্যাংক 49

এক লিটার দ্রবণে 4·9 গ্রাম অর্থাৎ $\frac{4{\cdot}9}{49} = 1/10$ গ্রাম তুল্যাংক H_2SO_4 আছে। সুতরাং H_2SO_4-এর মাত্রা $= \left(\frac{N}{10}\right)$

1 লিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ H_2SO_4 1 লিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 প্রশমিত করে।

আমরা জানি 1 লিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণে Na_2CO_3 পাওয়া যায় $= 5{\cdot}3$ গ্রাম।

আবার 10% Na_2CO_3 দ্রবণে

10 গ্রাম Na_2CO_3 পাওয়া যায় 100 c.c. দ্রবণে

∴ 5·3 ... . $\frac{100}{10} \times 5{\cdot}3$ c.c. ,,

$= 53$ c.c. দ্রবণে।

সুতরাং প্রয়োজনীয় 10 % Na_2CO_3-এর আয়তন 53 c.c.

17. How much Na_2CO_3 will be required to neutralise 50 c.c. (N) H_2SO_4 ?

50 c.c. (N) $H_2SO_4 \equiv 50$ c.c. (N) Na_2CO_3

কিন্তু 1000 c c. (N) Na_2CO_3 দ্রবণে পাওয়া যায় 53 গ্রাম Na_2CO_3

∴ 50 c c. (N) Na_2CO_3 ... . 2·65 গ্রাম Na_2CO_3

সুতরাং Na_2CO_3 আবশ্যক হইবে 2·65 গ্রাম।

18. 22·5 c. c. Na_2CO_3 neutralise 20 c. c. $\left(\frac{N}{10}\right)$ HNO_3. Determine the normality and gram per litre weight of Na_2CO_3.

$$22{\cdot}5 \text{ c. c. of } Na_2CO_3 \equiv 20 \text{ c c } \left(\frac{N}{10}\right) HNO_3$$

$$\equiv 20 \text{ c. c. } 0{\cdot}1 \text{ (N) } HNO_3$$

$$\therefore\ Na_2CO_3 \text{ দ্রবণের মাত্রা} = \frac{\text{অ্যাসিডের আয়তন} \times \text{অ্যাসিডের মাত্রা}}{Na_2CO_3 \text{ দ্রবণের আয়তন}}$$

$$= \frac{20 \times 0{\cdot}1 \text{ (N)}}{22{\cdot}5} = 0{\cdot}089 \text{ (N)}$$

কিন্তু 1000 c. c. (N) Na_2CO_3-এর মধ্যে পাওয়া যায় 53 গ্রাম Na_2CO_3

∴ 1000 c. c. ·089 (N) ··· ··· ···53 × ·089 „ „

= 4·72 গ্রাম Na_2CO_3

সুতরাং প্রদত্ত Na_2CO_3 এর দ্রবণের নর্ম্যাল মাত্রা 0·089 (N) ও প্রতি লিটার দ্রবণে আছে 4·72 গ্রাম।

18. 25 c c alkali are mixed with 8 c.c. 0·75 (N) soln. of an acid and for its complete neutralisation 15 c c. 0·8 (N) H_2SO_4 are added. What is the strength of the alkali ?

8 c. c of 0·75 (N) অ্যাসিড ≡ (8 × 0·75) c.c. (N) অ্যাসিড

15 c c. of 0·8 (N) H_2SO_4 ≡ (15 × ·8) c c (N) H_2SO_4

∴ অ্যাসিডের সমগ্র আয়তন ≡ (8 × 0·75 + 15 × 0·8) c c

≡ 18 c. c. (N) অ্যাসিড

ধরা যাক, ক্ষারের মাত্রা (x)

∴ 25 c. c. (x) ক্ষার ≡ 18 c. c. (N) অ্যাসিড

∴ $25 \times x = 18 \times (N)$

∴ $x = \frac{18}{25}$ (N) = 0·72 (N), অর্থাৎ ক্ষারের মাত্রা = 0·72 (N)

20. 25 c c NaOH soln. neutralise 22·5 c.c. of a dibasic acid. Molecular wt. of the acid is 126 and 250 c c. of the acid contain 1·4175 gm acid ; 10 c. c of the same alkali neutralise 8 c c. of H_2SO_4 of unknown strength. Determine the strength of H_2SO_4 in normality.

ডাইবেসিক অ্যাসিডের তুল্যাংকভার = $\frac{126}{2}$ = 63

∴ ডাইবেসিক অ্যাসিডের নর্ম্যাল (N) দ্রবণের 1000 c c. দ্রবণে আছে 63 গ্রাম অ্যাসিড।

কিন্তু আমরা জানি,

250 c. c. ডাইবেসিক অ্যাসিড দ্রবণে আছে 1·4175 গ্রাম অ্যাসিড।

∴ 1000 c. c. ··· ··· ··· ··· 5·67 গ্রাম অ্যাসিড।

সুতরাং, অ্যাসিডের মাত্রা $= \frac{5.67}{63}(N) = 0.09\ (N)$

আবার দেখা যায়, 25 c. c. ক্ষার দ্রবণ $\equiv$ 22.5 c. c. অ্যাসিড দ্রবণ

এবং 10 c. c. ক্ষার দ্রবণ $\equiv$ 9 c. c. অ্যাসিড দ্রবণ

কিন্তু প্রশ্ন অনুযায়ী আবার দেখা যায়,

10 c. c. ক্ষার দ্রবণ $\equiv$ 8 c.c H_2SO_4

মনে কর, অজ্ঞাত H_2SO_4 এর মাত্রা (x)

সুতরাং 8 c.c. (x) $H_2SO_4 \equiv$ 9 c. c. 0.09 (N) ডাইবেসিক অ্যাসিড দ্রবণ

$$\therefore \quad x \times 8 = 9 \times 0.09\ (N)$$

$$\text{অথবা} \quad x = \frac{9 \times 0.9}{8} = 0.1012\ (N)$$

অর্থাৎ H_2SO_4-এর নর্ম্যাল মাত্রা = 0.1012 (N)

21. 20 c.c. H_2SO_4 soln. neutralise 21.2 c c. 3% Na_2CO_3 soln. How would you change the strength of the acid to deci-normality ?

3% Na_2CO_3 = 30 গ্রাম Na_2CO_3 প্রতি লিটার দ্রবণে।

3% Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা $= \frac{30}{5.3}(N) = \frac{30}{5.3}\left(\frac{N}{10}\right)$

20 c c. $H_2SO_4 \equiv 21.2$ c c $= \frac{30}{5.3}\left(\frac{N}{10}\right) Na_2CO_3$ দ্রবণ

$\equiv \frac{21.2 \times 30}{5.3}$ c c $\left(\frac{N}{10}\right) Na_2CO_3$ দ্রবণ

$\equiv$ 120 c.c. $\left(\frac{N}{10}\right) Na_2CO_3$ দ্রবণ

সুতরাং, H_2SO_4 দ্রবণকে $\left(\frac{N}{10}\right)$ মাত্রার দ্রবণে পরিণত করার জন্য $(120 - 20) = 100$ c c. জল প্রতি 20 c.c অ্যাসিড দ্রবণে অথবা 5 c.c. জল প্রতি 1 c.c. অ্যাসিড দ্রবণে মিশাইতে হইবে।

22. 1.524 gm. of the NH_4Cl are dissolved in water and 50 cc. (N) KOH are added to it The soln. is heated till ammonia evolved is completely driven off. The rest of the soln. is neutralised by 30.95 c. c. of (N) H_2SO_4. Find the percentage strength of NH_3 in NH_4Cl.

30.95 c.c. (N) $H_2SO_4 \equiv$ 30.95 c.c (N) KOH

সুতরাং, $(50 - 30.95)$ c.c. (N) KOH প্রয়োজন হয় সমগ্র NH_4Cl এর সহিত বিক্রিয়া ঘটাইয়া NH_3 তৈরী করার জন্য।

অর্থাৎ $(50-30{\cdot}95)=19{\cdot}05$ c.c. (N) KOH

$=19{\cdot}05$ c.c. (N) NH_3 ,

কিন্তু অ্যামোনিয়ার (NH_3) গ্রাম-তুল্যাংক $=17$

অথবা 1000 c.c. (N) NH_3 দ্রবণে NH_3 আছে 17 গ্রাম

অথবা 19·05 c.c. (N) NH_3 দ্রবণে NH_3 আছে $0{\cdot}017\times19{\cdot}05$

$=0{\cdot}32385$ গ্রাম

সুতরাং 1·524 গ্রাম NH_4Cl-এর মধ্যে আছে 0·32385 গ্রাম

অর্থাৎ, 100 গ্রাম NH_4Cl-এর মধ্যে আছে $\frac{0{\cdot}32385\times100}{1{\cdot}524}=21{\cdot}3$ গ্রাম NH_3

23. How much $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl will be required to neutralise lime obtained by heating 1000 gm. of $CaCO_3$?

$CaCO_3$-এর গ্রাম-তুল্যাংক $=50$ গ্রাম , সুতরাং 1000 গ্রাম $CaCO_3$ 20 গ্রাম-তুল্যাংক $CaCO_3$-এর সমান। 20 গ্রাম-তুল্যাংক পরিমাণ $CaCO_3$ 20 গ্রাম-তুল্যাংক পরিমাণ CaO উৎপন্ন করিবে এবং এই 30 গ্রাম তুল্যাংক CaO_3 প্রশমিত করার জন্য প্রয়োজন 20 গ্রাম-তুল্যাংক HCl.

অথবা, প্রয়োজন 20 লিটার (N) HCl

অথবা, 200 লিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl

24. 4·74 gram per litre NaOH solution is prepared. How much HCl gas in c.c. at N. T. P. will be required to neutralise 60 c. c. of the alkali solution ?

1000 c.c. NaOH দ্রবণে আছে 4·74 গ্রাম NaOH

ক্ষার দ্রবণের মাত্রা $=\frac{4{\cdot}74}{40}(N)=0{\cdot}1185\ (N)$

সুতরাং 60 c.c. ক্ষার দ্রবণ $=(60\times0{\cdot}1185)$ c.c. (N) ক্ষার দ্রবণ

কিন্তু 1000 c.c. (N) ক্ষার N. T. P.-তে 22·4 লিটার HCl গ্যাস প্রশমিত করে [কারণ, এক গ্রাম-তুল্যাংক HCl $=36{\cdot}5$ গ্রাম HCl $=22{\cdot}4$ লিটার N. T. P.-তে]

∴ $(63\times0{\cdot}1185)$ c.c. (N) NaOH দ্রবণ প্রশমিত করে

$\frac{60\times0{\cdot}1185\times22{\cdot}4}{1000}=0{\cdot}1592$ লিটার HCl

$=159{\cdot}2$ c.c. HCl N.T.P.-তে।

25. How much NH_3 will be evolved at 27°C and 750 mm. pressure from 10 gm. of NH_4Cl? How much $\left(\frac{N}{10}\right)$ H_2SO_4 will be neutralised by this amount of ammonia?

10 গ্রাম $NH_4Cl = \frac{10}{53{\cdot}5}$ গ্রাম-তুল্যাংক পরিমাণ NH_4Cl এবং $\frac{10}{53{\cdot}5}$ গ্রাম তুল্যাংক NH_4Cl হইতে $\frac{10}{53{\cdot}5}$ গ্রাম তুল্যাংক NH_3 = $\frac{10}{53{\cdot}5} \times 22{\cdot}4$ লিটার $= 4{\cdot}1869$ লিটার NH_3 N. T.P.-তে পাওয়া যাইবে।

[কারণ, প্রতি গ্রাম-অণু গ্যাসীয় পদার্থ N. T. P.-তে = 22·4 লিটার এবং NH_3 গ্যাসের গ্রাম-অণু ও গ্রাম তুল্যাংক অভিন্ন (same) 17 গ্রাম]

যদি 27°C ও 750 mm. চাপে 4·1869 লিটার NH_3 গ্যাসের আয়তন হয় = V c. c.

তবে, $V = \frac{4{\cdot}1869 \times 760 \times 300}{750 \times 273} = 4{\cdot}6$ লিটার $\left[\text{কারণ } \frac{V_1P_1}{T_1} = \frac{V_2P_2}{T_2}\right]$

আবার, N. T. P তে 4·1869 লিটার NH_3

$= \frac{4{\cdot}1869}{22{\cdot}4}$ গ্রাম-তুল্যাংক $NH_3 = \left(\frac{4{\cdot}1869}{22{\cdot}4}\right) \times 49$ গ্রাম H_2SO_4

$= \frac{4{\cdot}1869}{22{\cdot}4}$ লিটার (N) $H_2SO_4 = \frac{4{\cdot}1869 \times 10}{22{\cdot}4}$ লিটার $\left(\frac{N}{10}\right) H_2SO_4$

$= 1{\cdot}869$ লিটার $\left(\frac{N}{10}\right) H_2SO_4$

26. A solution of caustic soda was prepared containing 4·74 gms/litre. Calculate the volume of HCl gas at N. T. P. which when dissolved in water will neutralise 60 c.c. of the alkali soln.

NaOH দ্রবণের মাত্রা $= \frac{4{\cdot}74}{40}$ (N)

∴ 60 c.c. ক্ষার দ্রবণ $= \left(60 \times \frac{4{\cdot}74}{40}\right)$ c.c. (N) = 7·11 c.c. (N) দ্রবণ।

যেহেতু 1000 c.c. (N) দ্রবণে থাকে এক গ্রাম তুল্যাংক ক্ষার (NaOH)

সুতরাং 7·11 c.c. (N) NaOH দ্রবণে আছে $= \frac{7{\cdot}11}{1000}$

$= {\cdot}00711$ গ্রাম-তুল্যাংক ক্ষার।

এই গ্রাম-তুল্যাংক পরিমাণ ক্ষার সমতুল্যাংকের HCl গ্যাস প্রশমি করিবে। যথা :

N. T. P.তে এক গ্রাম-তুল্যাংক HCl গ্যাসের আয়তন = 22·4 লিটা

∴ N. T. P তে ·00711 গ্রাম তুল্যাংক HCl গ্যাসের আয়তন

= 22·4 × ·00711 = 0·1593 লিটার।

সুতরাং, 0·1593 লিটার HCl গ্যাস প্রদত্ত ক্ষার দ্রবণকে প্রশমিত করিবে

27. One gram of impure sodium carbonate is dissolved in water and the solution made up to 250 c c. To 50 c.c. of this solution 30·4 c.c. of 0 15 (N) HCl are added and the mixture requires for neutralisation 10 c.c. of 0·12 (N) NaOH soln. Determine the strength of the impure carbonate soln. in terms of normality and percentage of pure sodium carbonate in the impure sample.

মনে কর, Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা = X (N)

∴ 50 c.c. X (N) Na_2CO_3 = (50 × X) c c. (N) Na_2CO_3

এবং 10 c.c. 0·12 (N) NaOH = (10 × 0·12) c.c. (N) NaOH

= 1·2 c.c. (N) NaOH

∴ Na_2CO_3 ও NaOH দ্রবণের সমগ্র ক্ষারের পরিমাণ

= (50 X + 1·2) c.c. (N) ক্ষার দ্রবণ

= 30 4 c.c. 0·15 (N) HCl

= (30 4 × 0 15) c c. (N) HCl = 4·56 c.c. (N) HCl

∴ (50X + 1·2) c.c. (N) ক্ষার = 4 56 c.c. (N) HCl

অথবা 50X + 1 2 = 4·56 , অর্থাৎ X = 0 0672

সুতরাং, Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা 0 0672(N)

প্রতি লিটার (N) Na_2CO_3 দ্রবণে পাওয়া যায় 53 গ্রাম Na_2CO_3

∴ 250 c.c. ·0672(N) Na_2CO_3 দ্রবণে পাওয়া যায়

$\frac{53 \times \cdot 0672}{4} = 0 \cdot 8904$ গ্রাম Na_2CO_3

অর্থাৎ, 1 গ্রাম অবিশুদ্ধ Na_2CO_3-এ আছে 0·8904 গ্রাম Na_2CO_3 , সুতরাং 100 গ্রাম অশুদ্ধ Na_2CO_3-তে আছে 89·04 গ্রাম বিশুদ্ধ Na_2CO_3.

Questions to be discussed

1. Define the equivalent weights of acid, base and salt. What are the gram equivalent weights of pure sodium carbonate, caustic soda and $CaSO_4, 5H_2O$; NaCl and MgO ?

2. What is a normal solution ? How would you prepare a normal, decinormal solution of sodium carbonate ? What is a molar solution ?

3. What do you understand by neutralisation ? Describe a simple experiment of neutralisation ? What do you understand by the factor of a standard solution ?

4. What is acidimetry and alkalimetry ? How would you determine the strength of an acid with the help of a standard solution of sodium carbonate ?

5. How much Na_2CO_3 would you take to prepare its decinormal solution in a 100 c. c bottle ? Can you prepare a standard solution of H_2SO_4 by direct measuring of laboratory acid ? Define primary and secondary standard.

6. How would you relate 10% Na_2CO_3 solution to $\left(\frac{N}{10}\right)$ and (N) solution ? Describe how would you prepare (N)Na_2CO_3 soln.

7. How much NaOH will be available in 60 c c. of 1·6 (N) NaOH sol. ?

What will be the amount of Na_2CO_3 in 10 c. c. of 2(N) soln. ?

[*Ans.* 38 4 গ্রাম NaOH : 106 গ্রাম Na_2CO_3]

8. 10 c. c. (N) acid neutralise 5 c. c. alkali of unknown strength. How would you prepare a normal solution of the alkali ?

9. 1·5 c. c. (N) solution are equivalent to how many c. c. of 2N, $\frac{N}{10}$ and $\frac{N}{100}$ solution ? What will be the volume of 200 c. c. ·01 (N) sol when reduced to normality ?

[*Ans* : ·75 c.c. ; 15 c.c. ; 150 c.c. ; 2 c.c]

10. How much water is to be added to 25 c.c. of 1·4 (N) solution to reduce it to a normal solution ? [*Ans.* 10 c.c.]

11. Determine the number of gram equivalents of solute in (*a*) 500 c.c. of 2 (N) H_2SO_4 soln. (*b*) 500 c.c. of 6 (N)H_2SO_4 soln.

[*Ans.* 1 গ্রাম তুল্যাংক, 3 গ্রাম তুল্যাংক]

12. Find the number of gram equivalents in (*a*) 250 c.c. of 0·5 (N) HNO_3 soln. (*b*) 25 c.c of 0·125 (N) KOH soln. (*e*) 100 c.c. of 0·25 (N) $(NH_4)_2SO_4$ soln.

[*Ans* : (*a*) 0·125 গ্রাম তুল্যাংক : (*b*) ·003 গ্রাম তুল্যাংক ; (*c*) ·25 গ্রাম তুল্যাংক]

13. Find number of grams of solute required for the preparation of (*a*) 1 litre of ·05(N) $(NH_4)_2SO_4$ soln. (*b*) 15 c.c. of 15(N) NH_3 soln. (*c*) 20 c.c. of 9(N) H_3PO_3 soln.

[*Ans* : (*a*) 3·3 গ্রাম ; (*b*) 3·8 গ্রাম ; (*c*) 4·9 গ্রাম]

14. Find the weights of the solute present in (*a*) 25 c.c. of ·105(N) H_2SO_4 ; (*b*) 20·5 c.c. of (N) NaOH (factor = ·95)

[*Ans.* (*a*) ·1019 গ্রাম (*b*) 1·09 গ্রাম]

15. Determine the normality of (*a*) 21 gm KOH in 2·5 litre of soln. ; (*b*) 4·9 gram H_3PO_3 in 400 c.c. of the soln. ; (*c*) 5% NaOH soln. ; (*d*) Na_2CO_3 of 13·25 gm/litre strength.

[*Ans* : (*a*) 0·15N ; (*b*) 0·45N , (*c*) ·9N , (*d*) ·25N]

16. Calculate the strength of the following as gram per litre : (*a*) 10 (N) HCl ; (*b*) 3·44(N) HNO_3 ; (*c*) $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 (factor=1·02) ; (*d*) 40(N) NH_3.

[*Ans* : (*a*) 365 গ্রাম ; (*b*) 216·72 গ্রাম ; (*c*) 5·446 গ্রাম , (*d*) 680 গ্রাম]

17. How would you calculate the strength of the following solution in normality ?

(i) 10% NaOH soln ; (ii) 5·56 gram per litre Na_2CO_3 soln.
(iii) 3·65 gm/litre HCl , (iv) 5 c.c. ·001 (N) soln.

[*Ans* : (i) 2·5 N , (ii) 1·5 N , (iii) ·1 N , (iv) ·005 N]

11. Express the strength of the following solution in terms of gram per litre :

(i) 5(N) HCl ; (ii) 1·5 (N) HNO_3 ; (iii) $\left(\frac{N}{100}\right)$ Na_2CO_3 ;
(iv) (N) 5(N) NaCl

[*Ans* :. (i) 5×36·5 গ্রাম ; (ii) 1·5×63 গ্রাম ; (iii) ·53 গ্রাম ; (iv) 292·5 গ্রাম]

19. Calculate the amount of the substances in grams in the following solution :

(i) 20·5 c.c. $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 ; (ii) 10 c.c. 5 (N) H_2SO_4 ;
(iii) 40 c.c. 2 (N) NaOH ; (v) 5 c.c. ·01 (N) HCl.

[*Ans* : (i) ·1086 গ্রাম ; (ii) ·049 গ্রাম ; (iii) 3·2 গ্রাম ; (iv) ·1825 গ্রাম]

20. How much of 10% Na_2CO_3 soln, will be required to neutralise 1000 c.c. $\left(\frac{N}{10}\right)$ H_2SO_4 solution ? [*Ans.* 53 c. c.]

21. 10 c. c. of Na_2CO_3 are required to neutralise 8·2 c. c. $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl. Calculate the strength of Na_2CO_3 in terms of (i) normality (ii) gram per litre. [*Ans* : ·082 (N) (ii) 2·546 গ্রাম]

22. 0·5 gram of $CaCO_3$ is required to neutralise 50 c.c. of dil HCl ; calculate the normality of the acid. [*Ans.* 2N]

23. 15 c c. of $\left(\frac{N}{2}\right)$ HCl, 120 c.c. ·01 (N) HCl, 16·5 c.c. $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl and 36·5 c.c. $\left(\frac{N}{100}\right)$ HCl are mixed together. Calculate the strength of the acid. [*Ans.* ·056N]

24· What is decinormal solution of H_2SO_4 ? 20 c. c. H_2SO_4 neutralise 21·2 c.c. 3% Na_2CO_3 How would you reduce the strength of the acid to deci-normality ? [Na = 23 ; S = 32]

[*Ans.* প্রতি 1 c.c. H_2SO_4 অ্যাসিডে 5 c.c. জল মিশাইতে হইবে।]

25. Attempt any two of the following problems :

(i) Determine (*a*) how many c c. of 15 (N) NH_3 soln. are necessary to prepare 60 c.c. 5 (N) NH_3 soln (*b*) normality of HNO_3 made by diluting 22·5 c. c. 16 (N) HNO_3 with water to 60 c c. [*Ans* : (*a*) 20 c. c. (*b*) 6 (N)]

(ii) What volume of 36 (N) H_2SO_4 soln. will be necessary to prepare 30 c.c. of 1·2 (N) H_2SO_4 ? [*Ans.* 1 c.c.]

(iii) How much water in c.c. is required to make 30 c.c. of 0·3 (N) HCl from 1·2 (N) HCl ? [*Ans.* 29·25 c.c.]

(iv) If 50 c.c. water are added to 10 c.c. of (N) HNO_3 what is the normality of the soln. ? [*Ans* : N/6]

(v) Convert 29·8 c.c. of 0·1383 (N) KOH to the equivalent volume of (N) KOH. [*Ans.* 4·12 c.c.]

(vi) How many c.c. of 0·4 (N) KOH soln. will be necessary to neutralise 10 c.c. of (*a*) 0·1 (N) HCl ; (*b*) 0·1 (N) H_2SO_4 (*c*) 0·05 (N) H_3PO_4 (*d*) (N) HNO_3 ?

[*Ans.* (*a*) 2·5 c.c. (*b*) 2·5 c.c. (*c*) 1·25 c.c. (*d*) 25 c.c.]

(vii) How many c.c. of 0·5 (N) HCl will react completely with 0·51 gram of lime stone (96% pure $CaCO_3$) [*Ans.* 20·4 c.c.]

(viii) 24 c. c. of H_2SO_4 react completely with 0·265 gram of pure Na_2CO_3. Calculate the normality of the acid.
[*Ans.* 0·25 (N)]

(ix) Calculate in c.c. the volume of 2·5 (N) NaOH necessary to neutralise completely 10 c. c. of H_2SO_4 having sp. gr. of 1·84 and containing 98·0% by weight of active H_2SO_4
[*Ans.* 147 c.c.]

(x) How much of 0·6 (N) HNO_3 in c c. will react completely with 31·1 c c. of Na_2CO_3 soln. (sp. gr. 1·10 and containing 10 per cent by wt. pure Na_2CO_3) ? [*Ans.* 107 c.c.]

25. How many c. c. of a decinormal soln. of KOH are required to neutralise 19·8 c.c. of semi-normal hydrochloric acid ?
[*Ans.* 99 c. c.]

27. To 50 c. c. of a soln. of HCl 25 c. c. of 0·82 (N) NaOH soln. were added. The excess of acid in the soln. required 30 c.c. of 0·09 (N) Na_2CO_3 soln. for neutralisation. Calculate the normality of the soln. and the number of gms. per litre of the soln. [*Ans.* 0·464 (N) ; 16 936 gms.]

28. 10 gms. of caustic soda, containing 95% of pure NaOH are dissolved in 200 c. c. of water. 50 c. c. of 1·5 (N) HCl are mixed with the soln. and then diluted to 500 c. c. Calculate the acidity and alkalinity of the resultant mixture and find the strength in terms of normality. [*Ans.* 0·325 (N) Alkali]

29. 0·5 c.c. of H_2SO_4 is dissolved in water and the volume made up to 500 c.c. 10·2 c.c. of this diluted acid neutralise exactly 22·7 c.c. of $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 soln. What volume of water must be added to 400 c.c. of the diluted acid to make it exactly deci-normal ? [*Ans.* 490·1 c.c]

30. 10 gms of soda crystal (Na_2CO_3, 10 H_2O) are required to neutralise 50 c.c. of a sample of HCl soln. How many c.c. of this acid must be diluted and made up to one litre that may get a (N) soln. of HCl ? [*Ans.* 715·3 c.c.]

31. A specimen of lime stone contain 60% $CaCO_3$. Calculate the amount of stone which will be required to generate sufficient CO_2 to convert one litre of (N) NaOH soln. into sodium carbonate ? [*Ans.* 83·3 gms]

32. 0·2815 gm of $CaCO_3$ after dissolving in 30 c.c. of (N) HNO_3 required 24·43 c c. of (N) NaOH for excess of acid. Calculate the percentage of CO_2 in the sample. [*Ans.* 43·53%]

33. 25 c.c. of NaOH soln. neutralise exactly 22·5 c.c. of a slon. of a dibasic acid (containing 1·4175 gms in 250 c.c. of molecular wt. of which is 126, and 10 c. c. of the same NaOH soln. also neutralise exactly 8 c.c. of a soln H_2SO_4. Calculate the strength of H_2SO_4 in terms of normality. [*Ans.* 0·1012 N]

34. 1·216 gms of $(NH_4)_2SO_4$ were boiled with an excess of NaOH and NH_3 collected in 100 c.c. of (N) H_2SO_4. The excess of acid required 81·6 c.c. (N) NaOH for neutralisation. Calculate the percentage of NH_3 in $(NH_4)_2SO_4$. [*Ans.* 25·72]

35. A specimen of chalk contains $CaSO_4$ as impurity. 1 gm of the sample was treated with 230 c.c. $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl. The excess of acid required 8 c c. of 0·45 (N) NaOH for neutralisation. Calculate the percentage of chalk in the sample. [*Ans.* 47%]

36. What volume of ·976 (N) H_2SO_4 will neutralise 10 c. c. 1·14 (N) NaOH ? [*Ans.* 11·4 c.c]

37. 55 c.c. of NaOH soln. required 41 c.c. of (N) H_2SO_4 to neutralise it. Calculate the strength of the alkali soln. in terms of (*a*) normality and (*b*) percentage.

[*Ans.* (*a*) 0·7454(N) (*b*) 2·98%]

38. 1·3456 gm of Na_2CO_3 are dissolved in water and the volume of the soln made up to 250 c.c. ; 25 c.c. of the soln exactly neutralise 24·85 c. c. of a soln of H_2SO_4 Calculate the normality of (*a*) Na_2CO_3 soln, (*b*) acid soln, and (*c*) the amount of Na_2SO_4 formed on neutralisation.

[*Ans.* (*a*) 0·1016 (N) ; (*b*) 0·1022 (N) (*c*) Na_2SO_4 0·1803 gm.]

39. 0·4 gm. of pure $CaCO_3$ was found to neutralise 45 c.c. of dilute HCl. Calculate the normality of the acid.

[*Ans.* 0·1778 (N)]

40. 2 gms of the carbonate of a metal were dissolved in 50 c.c. of (N) HCl. The resulting liquid required 100 c c. of $\left(\frac{N}{10}\right)$ NaOH soln. to neutralise. Calculate the equivalent wt. of the carbonate. [*Ans.* 0·50]

41. Define a normal solution. How do you calculate the weights of Na_2CO_3 and H_2SO_4 required to prepare one litre of normal solution of each ?

50 *ml* of (N) H_2SO_4 are poured into 50 *ml* of (N/2) NaOH. Is the resulting solution acid or alkaline ?

Calculate its strength in normality ($Na=23$, $S=32$, $O=12$). [*H. S. Exam. 1963*]

42. Define equivalent of an element, equivalent weight of an acid and equivalent weight of a base.

Give illustrations.

Explain with the help of the phenomenon of electrolytic dissociation what happens when a base is neutralised by an acid.

If 25 ml of $\frac{N}{10}$ Na_2CO_3 sol. ($F=1·05$) are neutralised by 19·5 ml. of a solution of sulphuric acid, calculate the strength of the acid in terms of normality and grams per litre. Calculate the volume of the acid to be diluted to one litre to make it exactly decinormal. [*H. S. 1963* (*Comp*)]

জৈব রসায়ন

১

জৈব রসায়ন ঃ ইতিহাস ও ভূমিকা

জীবজগতে প্রাণী ও উদ্ভিদ্‌জাত বস্তুগুলি প্রকৃতির এক অদ্ভুত বিস্ময়। কার্বন ও হাইড্রোজেন এবং সেই সঙ্গে অক্‌সিজেন ও নাইট্রোজেন—মূলত এই চারিটি মাত্র মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত প্রায় দশ লক্ষ জৈববস্তুর সন্ধান পাওয়া গিয়াছে। পক্ষান্তরে প্রায় একশতটি প্রাকৃতিক ও কৃত্রিম মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত অজৈব বস্তুর সংখ্যা পঁচাত্তর হাজারের বেশি নয়। এই জৈব বস্তুগুলির প্রকৃতি, রাসায়নিক ধর্ম এবং গঠনের মূল রহস্য উনবিংশ শতাব্দীর প্রথমার্ধেও ছিল অজ্ঞাত। বহুকাল হইতে বিজ্ঞানী ও অবিজ্ঞানী—সবাইকার ধারণা ছিল যে জৈব বস্তু একমাত্র প্রাণধর্মী জীব হইতে উদ্ভূত হয় এবং সব জৈব বস্তুর গঠন-প্রকৃতি কোন বিশেষ **প্রাণশক্তি** (vital force) দ্বারা প্রভাবিত। এই কারণেই আগে ধারণা ছিল যে জৈবিক উৎস ছাড়া কৃত্রিমভাবে কোন জৈব বস্তু তৈরী করা সম্ভব নয়।

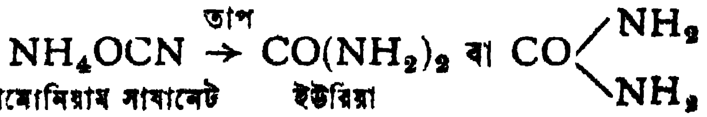
সুদূর প্রাচীনকালেও মানব সভ্যতায় অগণিত জৈব বস্তুর উপাদান ও ব্যবহার প্রচলিত ছিল। তৈল, ঘি, মাখন, শর্করা, সুগন্ধি, ভিনিগার, রঞ্জন—অনুরূপ অজস্র জৈব বস্তু ছাড়াও নানারূপ প্রাকৃতিক জৈব বস্তু ব্যবহার করিয়া রঙ তৈরীর শিল্প, সুরাসার বা অ্যালকোহল-শিল্প, এবং সাবান শিল্পের ন্যায় অনেক রকম শিল্প গড়িয়া উঠে।

এই সমস্ত জৈবিক বস্তুর গঠন-প্রকৃতির সন্ধান শুরু হয় আঠার শতাব্দীতে। এই সময় **শিলী, ল্যাভয়সিয়ার, বার্জিলাস, বার্থোলে** প্রমুখ বিজ্ঞানীরা প্রাকৃতিক জৈব পদার্থ পাতন ও গাঁজান (distillation and fermentation) পন্থায় অনেক রকম জৈবিক অ্যাসিড এবং কতকগুলি জৈব বস্তু তৈরী করিতে সক্ষম হন। ল্যাভয়সিয়ারের পরীক্ষায় জানা যায় যে প্রতিটি জৈব পদার্থের প্রধান উপাদান **কার্বন ও হাইড্রোজেন**। পরে আরও জানা যায় যে অনেক জৈব পদার্থের মধ্যে **অক্‌সিজেন** এবং **নাইট্রোজেনও** পাওয়া যায়। পরবর্তী গবেষণায় দেখা যায়. কোন কোন জৈবিক পদার্থের

মধ্যে **সালফার, ফসফরাস, হ্যালোজেন** এবং বিশেষ কয়েকটি ধাতুও পাওয়া যায়।

জৈব পদার্থের গবেষণায় বিজ্ঞানী বার্জিলাস প্রমাণ করেন যে **জৈব** (organic) পদার্থগুলি **অজৈব** (inorganic) পদার্থের ন্যায় রসায়নের একই মূল সূত্র অনুসরণ করে। কিন্তু এই সিদ্ধান্তের সঙ্গে জৈব বস্তুর গঠনে আরেকটি বিস্ময়কর তথ্যের সন্ধান পাওয়া যায়। অজৈব বস্তুর ক্ষেত্রে দেখা যায়, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন দ্বারা গঠিত H_2O—এই ফর্মুলায় একমাত্র জল ছাড়া আর কোন বস্তুর পরিচয় দেওয়া যায় না। সেইরূপ H, O ও S দ্বারা গঠিত সালফিউরিক অ্যাসিড নামের একটি মাত্র পদার্থের ফর্মুলা—H_2SO_4; এরূপ ফর্মুলা দ্বারা অন্য কোন পদার্থের পরিচয় দেওয়া সম্ভব নয়। কিন্তু C, H ও O—এই তিনটি মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত C_2H_6O—এরূপ একটি মাত্র ফর্মুলায় দুইটি জৈবিক পদার্থ পাওয়া যায়। ইহার একটি গ্যাসীয় পদার্থ ইথার এবং অপরটি তরল পদার্থ অ্যালকোহল। C, H ও O দ্বারা গঠিত একটিমাত্র $C_8H_{12}O_4$ ফর্মুলায় 66টি বিভিন্ন জৈব যৌগের পরিচয় দেওয়া যায়। একই মৌলিক পদার্থের একই সংখ্যক পরমাণু দ্বারা গঠিত হওয়া সত্ত্বেও যে এরূপ বিভিন্ন জৈব যৌগ গঠিত হইতে পারে, জৈব বস্তুর এরূপ বিচিত্র গঠনবিধি লক্ষ্য করিয়া বার্জিলাস এবং অন্যান্য বিজ্ঞানীরা নিঃসন্দেহ হন যে কোন প্রাণশক্তির প্রক্রিয়া ভিন্ন একই সংখ্যক একই রকম মৌলিক পদার্থ দ্বারা এরূপ বিভিন্ন জৈব যৌগ গঠিত হওয়া সম্ভব নয়। এই যুক্তি বিশেষ প্রতিষ্ঠালাভ করে এইজন্য যে, এসময়ে অজৈব পদার্থ হইতে কৃত্রিমভাবে কোন জৈব পদার্থ তৈরী করার কোন উপায় জানা ছিল না।

1828 খ্রীষ্টাব্দে সুইডিস বিজ্ঞানী বার্জিলাসের জার্মান ছাত্র **উহ্‌লার** (Wohler) আকস্মিক একটি ঐতিহাসিক আবিষ্কার করিকে সক্ষম হন। তিনি অ্যামোনিয়া (NH_3) এবং সায়ানিক অ্যাসিডের (CNOH) সংযোগে অ্যামোনিয়াম সায়ানেট (NH_4OCN) তৈরী করার সময় দৈবক্রমে একটি অজ্ঞাত জৈব পদার্থ আবিষ্কার করেন। পরীক্ষায় দেখা যায় এই জৈব পদার্থটি প্রাকৃতিক জৈব পদার্থ **ইউরিয়া** (Urea)। ইহা সমস্ত স্তন্যপায়ী জীবের মূত্রের মধ্যে পাওয়া যায়। ইউরিয়া গঠিত হয় এইভাবে :



$$NH_4OCN \xrightarrow{\text{তাপ}} CO(NH_2)_2 \text{ বা } CO\begin{matrix} /NH_2 \\ \backslash NH_2 \end{matrix}$$

অ্যামোনিয়াম সায়ানেট ইউরিয়া

কৃত্রিমভাবে ইউরিয়া উৎপাদনে সক্ষম হইয়া উহ্‌লার বার্জিলাসকে এক চিঠি লিখিয়া জানান "প্রাণীর পাকাশয় ছাড়াও আমি ইউরিয়া তৈরী করিতে পারি।" উহ্‌লারের পরীক্ষায় সর্বপ্রথম প্রমাণিত হয় যে অজৈব পদার্থ হইতে কৃত্রিমভাবে জৈব পদার্থ তৈরী করা যায়। উহ্‌লারের পরে কৃত্রিমভাবে আবও অনেক জৈব পদার্থ তৈরী করা সম্ভব হয়।

জীবন্ত পদার্থ হইতে পাওয়া যায় বলিয়া এবং প্রাণশক্তির প্রভাবে গঠিত হয় এই ধারণা করিয়া আগে জৈব বস্তুর বসায়ন-বিদ্যাকে **জৈব রসায়ন** বা **'অরগেনিক কেমিস্ট্রি'** (Organic Chemistry) বলা হইত। কিন্তু পরবর্তী গবেষণায় জানা যায় যে জৈব ও অজৈব বস্তুর গঠেন মূলত কোন পার্থক্য নাই। জৈব বস্তুর গঠন কোন প্রাণশক্তির উপর নির্ভরশীল নয় এবং প্রতিটি জৈব বস্তুর মূল উপাদান প্রধানত মৌলিক পদার্থ কার্বন। তাই **জৈব রসায়নকে বর্তমানে কার্বন যৌগের রসায়ন 'কেমিস্ট্রি অব কার্বন কম্পাউণ্ডস্'** (Chemistry of carbon compounds) **নামেও অভিহিত করা হয়**। যেহেতু অধিকাংশ জৈব যৌগে কার্বনের সহিত অবিচ্ছেদ্য উপাদানরূপে হাইড্রোজেন বর্তমান থাকে সেহেতু জৈব বসায়নকে বর্তমানে হাইড্রোকার্বন যৌগের রসায়ন বা **'কেমিস্ট্রি অব হাইড্রোকারবনস্'** (Chemistry of Hydrocarbons and their derivatives) নামেও কথিত হইতে পারে।

জৈব রসায়নের প্রধান বৈশিষ্ট্য

জৈব রসায়ন মূলত কার্বন যৌগের রসায়ন। কার্বনের দুইটি অক্সাইড এবং বিভিন্ন ধাতুর কার্বনেট বা কাববাইড এরূপ অনুরূপ কয়েকটি যৌগ ছাড়া অন্যান্য প্রায় সমস্ত কার্বন যৌগ জৈব রসায়নের অন্তর্ভুক্ত। জৈব ও অজৈব তথা অরগেনিক ও ইন-অরগেনিক রসায়নেব মধ্যে মূলত কোন পার্থক্য নাই। কিন্তু জৈব যৌগের প্রাচুর্য এবং অজৈব যৌগ হইতে কয়েকটি বিষয়ে জৈব যৌগের বৈশিষ্ট্যের জন্য বসায়নের পার্থক্য ও স্বকীয়তা প্রণিধানযোগ্য। জৈব রসায়নের বৈশিষ্ট্যগুলি অনুরূপ :

(i) **কার্বন যৌগ :** জৈব পদার্থ মাত্রেই মৌলিক পদার্থ কার্বন বর্তমান। তাই, জৈব যৌগ সাধারণত দাহ্য পদার্থ। যথা : মিথেন (CH_4), বেঞ্জিন

(C_6H_6) ইত্যাদি। জৈব যৌগের দহন ক্রিয়ায় প্রধানত কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প তৈরী হয়। কিন্তু কোন যৌগে কার্বন বর্তমান থাকিলেই তাহা জৈব যৌগ হয় না। যেমনঃ সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) অজৈব যৌগ।

(ii) **জৈব পদার্থের মৌল ও যৌগ সংখ্যাঃ** জৈব যৌগ কার্বন, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন—প্রধানত এই চার রকম মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত। অবশ্য কোন কোন জৈব বস্তুতে সালফার, হ্যালোজেন এবং কোন কোন ধাতুও পাওয়া যায়। পক্ষান্তরে অজৈব যৌগ প্রায় 92 রকম মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত। তাহা সত্ত্বেও এপর্যন্ত আবিষ্কৃত জৈব যোগের সংখ্যা প্রায় দশ লক্ষ, কিন্তু অজৈব যৌগের সংখ্যা পঁচাত্তব হাজারের বেশী নয়।

(iii) **জৈব যৌগ গঠনের জটিলতাঃ** জৈব যৌগের গঠন জটিল, কিন্তু অজৈব যৌগের গঠন সরল। কোন কোন জৈব যৌগ C, H ও O—মাত্র এই তিন রকমের মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত কিন্তু ইহাদেব পরমাণুর সংখ্যা হাজারের চেয়ে বেশি। যেমন, এক ধবনের স্টার্চ জাতীয় জৈব বস্তুর ফর্মূলা $C_{1200}\,H_{2000}\,C_{1000}$। কিন্তু অজৈব বস্তুব ফর্মূলা অনেক সবল।—যেমন, H_2O, H_2SO_4, $K_2Cr_2O_7$ ইত্যাদি।

(iv) **এক রকম মৌলের একই সংখ্যক পরমাণু দ্বারা বিভিন্ন জৈব যৌগ গঠনঃ** ফর্মূলা এক হইলেও জৈব যৌগ বিভিন্ন হইতে পারে। যেমন, C_2H_6O—এই ফর্মূলা দ্বাবা ইথাইল অ্যালকোহল এবং মিথাইল ইথার—এই দুই রকম বিভিন্ন জৈব যৌগ নির্দেশ করা যায়। $C_{10}O_3H_{15}N$—এই ফর্মূলায় 135 রকম জৈব পদার্থের আণবিক ফর্মূলার পরিচয় দেওয়া যায়। কিন্তু অজৈব যৌগে সাবারণত একটি ফর্মূলায় একটি মাত্র যৌগে নির্দেশ করে। H_2SO_4—এরূপ অজৈব যৌগের ফর্মূলায় একমাত্র সালফিউরিক অ্যাসিড ছাড়া অন্য কোন অজৈব যৌগের পরিচয় দেওয়া সম্ভব নয়।

(v) **জৈব যৌগের আকৃতি বা গঠন-কাঠামোঃ** একই ফর্মূলায় ভিন্ন ভিন্ন জৈব যৌগ পাওয়া যায় ইহাদের পরমাণু বিন্যাসের বিভিন্নতার জন্য। অণুর কাঠামোর অভ্যন্তরে পরমাণুর এরূপ বিন্যাসকে বলা হয় অণুর আকৃতি বা গঠন-কাঠামো বা স্ট্রাকচার (structure)।

জৈব যৌগে একই পরমাণুপুঞ্জের বিভিন্ন বিন্যাস তথা স্ট্রাকচার গঠন সম্ভব, এবং অনেক অণুর ক্ষেত্রেই এরূপ দেখা যায়। তাই, জৈব যৌগে একই ফর্মূলায় বিভিন্ন যৌগ গঠন সম্ভব। কিন্তু অজৈব যৌগে একই ফর্মূলায় সাধারণত ভিন্ন

ভিন্ন যৌগ গঠন সম্ভব নয়। [কোন কোন জটিল অজৈব যৌগের আইসোমার পাওয়া যায়।]

(vi) **জৈব যৌগের আয়নীয় গঠন :** জৈব যৌগ সাধারণত 'ইলেকট্রোভ্যালেন্ট' বা আয়নীয় যোজ্যতার যৌগরূপে গঠিত নয়,—ইহারা প্রধানত 'কো-ভ্যালেন্ট' বা সম-যোজ্যতার যৌগরূপে গঠিত। অজৈব যৌগের গঠন প্রধানত জৈব যৌগের বিপরীত। তাই, জৈব যৌগ সাধারণত জলে অদ্রবণীয় কিন্তু জৈব তরলে দ্রবণীয়। জলীয় দ্রবণে অজৈব যৌগের তড়িৎ-বিশ্লেষণ ঘটে এবং আয়ন গঠিত হয় কিন্তু জৈব যৌগের তড়িৎ-বিশ্লেষণ খুব কম ক্ষেত্রেই ঘটে এবং সাধারণত আয়ন গঠিত হয় না। জৈব পদার্থের গলনাংক ও স্ফুটনাংকের মাত্রা কম কিন্তু অজৈব পদার্থের গলনাংক ও স্ফুটনাংকেব মাত্রা বেশী।

(vii) **জৈব যৌগের মন্থর বিক্রিয়া :** সাধারণত জৈব যৌগেব আয়নীয় বিশ্লেষণ ঘটে না। তাই জৈব যৌগেব বিক্রিয়াব জন্য অপেক্ষাকৃত অনেক বেশি সময় প্রয়োজন। কিন্তু সাধারণত অজৈব যৌগের আয়নীয় বিশ্লেষণ ঘটে বলিয়া ইহাদের বিক্রিয়া দ্রুত গতিতে অনুষ্ঠিত হয়।

(viii) **জৈব যৌগের উপর তাপের প্রভাব :** জৈব যৌগ অতিরিক্ত তাপের প্রভাবে সহজেই ভাঙিয়া যায় এবং ইহাদেব গলনাংক ও স্ফুটনাংকের মাত্রা কম। কিন্তু অজৈব যৌগ সাধাবণত উচ্চ তাপ সহ্য কবিতে পাবে এবং ইহাদের গলনাংক ও স্ফুটনাংকেব মাত্রাও অপেক্ষাকৃত বেশি।

(ix) **জৈব যৌগের উপর জারক ও বিজারক দ্রব্যের বিষম ক্রিয়া :** একই জারক বা বিজারক দ্রব্য বিভিন্ন শ্রেণীর জৈব যৌগেব উপবে বিভিন্ন রকম বিক্রিয়া ঘটায়। কিন্তু অজৈব যৌগে একরকম জাবক বা বিজারক দ্রব্য একই রকম বিক্রিয়া ঘটায়।

(x) **জৈব বিক্রিয়ার উপাদান :** জৈব বিক্রিয়ায় উৎপন্ন দ্রব্য সাধারণত বিশুদ্ধ নয়। তাই জৈব বিক্রিয়ায় উৎপন্ন দ্রব্যেব পরিশোধন প্রয়োজন হয়।

(xi) **পলিমারিজেশন :** জৈব যৌগে অনেক ক্ষেত্রে অণু-সংযোগের ফলে বৃহত্তর কাঠামোর ভিন্ন পদার্থের অণু তৈরী হয়। যথা : $3C_2H_2 \rightarrow C_6H_6$ (বেঞ্জিন); অজৈব যৌগ এরূপ ধর্ম সাধারণত দেখা যায় না।

(xii) **সমগণ :** জৈব যৌগ সাধারণত কতগুলি সমগোত্রীয় শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। অজৈব যৌগে তাহা সম্ভব নয়।

(xiii) **ফাংশনাল গ্রুপ ঃ** জৈব যৌগের ফাংশনাল গ্রুপ ইহার ধর্ম নির্দেশ করে। কিন্তু অজৈব যৌগে জৈব যৌগের ন্যায় ফাংশনাল গ্রুপ দেখা যায় না।

জৈব রসায়নের অবদান

জৈব রসায়নের কাছে আমাদের জীবন ও সভ্যতার ঋণ অপরিসীম। আমাদের খাদ্য, বস্ত্র, স্বাস্থ্য,—আমাদের নিত্য প্রয়োজনীয় অগণিত বস্তু—আমাদের সভ্যতার নানা উপাদান জৈব বস্তুর উপর নির্ভরশীল। প্রাণী ও উদ্ভিদ্‌জাত জৈব বস্তু আহরণ করিয়া এবং অগণিত জৈব বস্তুর ধর্ম ও প্রকৃতি বিশ্লেষণ করিয়া,—জীবন ও সভ্যতার প্রয়োজনে নানাভাবে জৈব বস্তুর প্রয়োগ করিয়া এবং বর্তমানে রসায়ন বিজ্ঞানীর গবেষণাগারে নানা রকম কৃত্রিম জৈব বস্তু আবিষ্কার ও শিল্পশালায় ইহাদের ব্যাপক উৎপাদন ব্যবস্থা প্রবর্তন করিয়া মানব সভ্যতার প্রভূত উন্নতি সাধন করা সম্ভব হইয়াছে এবং হইতেছে।

সুষম খাদ্য ঃ আমাদের আহার্য দ্রব্য প্রায় সবই জৈব পদার্থ। এই সমস্ত আহার্য দ্রব্যের ধর্ম, প্রকৃতি ও গঠন জানিয়া সুষম খাদ্যের তালিকা প্রবর্তন করিয়া এবং প্রাকৃতিক আহার্য বস্তু হইতে নানারূপ খাদ্য প্রস্তুত করিয়া ও খাদ্য সংরক্ষণের উপায় উদ্ভাবন করিয়া জৈব রসায়ন আমাদের খাদ্য ও স্বাস্থ্য-রক্ষা ব্যবস্থার উন্নতি করিয়াছে। ভিটামিন আবিষ্কার এবং কৃত্রিমভাবে ভিটামিন তৈরী করার উপায় বাহির হওয়ার ফলে আমাদের স্বাস্থ্যোন্নতির অনেক রহস্য জৈব রসায়ন আমাদের আয়ত্তে আনিয়া দিয়াছে।

বস্ত্র ঃ সুতি, পশম বা পশম জাতীয় বস্ত্র জৈব পদার্থ হইতে তৈরী করা হয়। জৈব রসায়নের আবিষ্কারের ফলে বস্ত্রশিল্পের প্রভূত উন্নতি সম্ভব হইয়াছে ; এবং বর্তমানে ‘টেরিলিন’ ‘নাইলন’, কৃত্রিম সিল্ক ইত্যাদি নানা রকম বস্ত্র কৃত্রিমভাবে তৈরী হইতেছে।

জ্বালানী ঃ কাঠ, কয়লা, পেট্রল প্রভৃতি জ্বালানীমাত্রেই জৈব পদার্থ। জৈব রসায়নীরা এই সব প্রাকৃতিক জ্বালানী হইতে কোল গ্যাস, ওয়াটার গ্যাস, প্রডিউসার গ্যাস ইত্যাদি নানারূপ জ্বালানী গ্যাস আবিষ্কার করিয়াছেন। বিভিন্ন শিল্পে জ্বালানী রূপে এই সমস্ত গ্যাস প্রয়োগ করা হইতেছে। কাঠ ও কয়লা পাতিত করিয়া আলকাতরা ও জ্বালানী গ্যাস এবং আলকাতরা পাতিত করিয়া পিচ এবং বেঞ্জিন, টলুইন, ফিনল, ন্যাপথালিন ইত্যাদি অনেক রকম জৈব বস্তু আবিষ্কার করা সম্ভব হইয়াছে। খনিজ তৈল হইতেও পেট্রল, কেরোসিন, মবিল তেল, মোম ইত্যাদি আবিষ্কৃত হইয়াছে। এখন কৃত্রিমভাবে কয়লা হইতে কৃত্রিম পেট্রল এবং আরও অন্যান্য কৃত্রিম তেল তৈরী করাও জৈব রসায়নীদের পক্ষে সম্ভব হইয়াছে।

প্লাস্টিক দ্রব্য ঃ কৃত্রিম কাঠ, নানা রকম প্লাস্টিক, ব্যাকেলাইট জাতীয় নানা রকম কৃত্রিম প্লাস্টিকের আবিষ্কারে এবং কৃত্রিম রবার উৎপাদনের উপায় উদ্ভাবনের ফলে গৃহসজ্জা, আসবাবপত্র এবং যানবাহন চলাচলের অভাবনীয় উন্নতি সাধিত হইয়াছে।

ঔষধ ও রসসার : নানা প্রকার ফল ও ফুল হইতে সুগন্ধি ও রসসার আহরণ ও বর্তমানে কৃত্রিমভাবে এই সমস্ত বস্তুর উৎপাদন-পন্থা উদ্ভাবন করিয়া এবং নানারূপ উদ্ভিদ্ হইতে ঔষধ আবিষ্কার ও প্রয়োগ করিয়া রসায়নীরা মানব সভ্যতার অপরিমেয় কল্যাণসাধন করিয়াছেন। ক্লোরোফর্ম, আয়োডোফর্ম এবং এরূপ বিভিন্ন ধরনের বিবশক ও জীবাণুনাশক জৈব পদার্থ আবিষ্কার করিয়া একদিকে যেমন চিকিৎসা-বিজ্ঞানের বহুল উন্নতি সাধিত হইয়াছে, তেমনি কৃত্রিমভাবে অগণিত ঔষধ প্রস্তুত করিয়া এবং পেনিসিলিন, ষ্ট্রেপটোমাইসিন ও ক্লোরোমাইসিটিন জাতীয় বিস্ময়কর নানা রকম জৈব বস্তুর আবিষ্কার করিয়া জৈব রসায়ন আমাদের রোগ ও ব্যাধির হাত হইতে রক্ষা করার নিত্য নূতন উপায় উদ্ভাবন করিতেছে।

কৃত্রিম রাসায়নিক : প্রাকৃতিক জৈব বস্তুর উপরে মানব সভ্যতাকে এখন আর সম্পূর্ণরূপে নির্ভর করিতে হয় না। নীল, কর্পূর, কুইনিন ইত্যাদির জন্য এখন আর মানুষ প্রকৃতির মুখাপেক্ষী নয়। কৃত্রিম নীল উৎপাদনের ফলে ব্যাপক নীল চাষ একেবারে বন্ধ হইয়া গিয়াছে। আলকাতরা হইতে যে সমস্ত জৈব পদার্থ পাওয়া যায় তাহা ব্যবহার করিয়া এখন বিরাট রঙ-শিল্প গড়িয়া উঠিয়াছে। জৈব রসায়নের অবদানে এখন নানারূপ সাবান তৈরী সম্ভব। কাগজ, কালি, ক্যালিকো প্রিন্টিং, মোম, রঞ্জন, ট্যানিং এবং ডিনামাইট ও অন্যান্য বিস্ফোরক দ্রব্যের অগণিত শিল্প জৈব রসাযনের অবদানে গড়িয়া উঠিয়াছে।

প্রাকৃতিক প্রাণী ও উদ্ভিদের ভাণ্ডার হইতে জৈববস্তু আহরণ করিয়া এবং জৈব রসায়নীর গবেষণাগারে নানারূপ কৃত্রিম জৈব পদার্থ আবিষ্কার করিয়া মানব সভ্যতার প্রভূত কল্যাণ সাধনের অপরিমিত সম্ভাবনায় জৈব রসায়ন গত দেড় শত বৎসরের প্রচেষ্টায় এক বিস্ময়কর প্রগতির পথে অগ্রসর হইয়া চলিয়াছে।

Questions to be discussed

1. What is organic chemistry ? Why is it now also known as Carbon Chemistry ?

2. What are the differences between Organic and Inorganic Chemistry ?

3. What is the utility of Organic Chemistry ? Illustrate with examples.

২

জ্বালানী বা ফুয়েল

সব রকম জ্বালানী পদার্থ মূলত কার্বন ও হাইড্রোজেন দ্বারা গঠিত। কার্বন ও হাইড্রোজেন দহনশীল পদার্থ। তাই, জ্বালানী পদার্থও আগুনের সংস্পর্শে জ্বলিয়া ওঠে। জ্বালানী পদার্থের দহনের সঙ্গে মূলত কার্বন-ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প তৈরী হয়। জ্বালানী পদার্থ তিন শ্রেণীর—কঠিন, তরল ও গ্যাসীয়।

(i) **কঠিন জ্বালানী** (Solid fuel): প্রধানত কয়লা ও কাঠ। ইহা সাধারণ চুল্লী, ধাতু নিষ্কাশন চুল্লী, রেল ও জাহাজের ইঞ্জিনে ব্যবহৃত হয়।

(ii) **তরল জ্বালানী** (Liquid fuel): পেট্রোলিয়াম, কৃত্রিম পেট্রোলিয়াম এবং পেট্রোলিয়াম পাতন-জাত কেরোসিন তেল, স্পিরিট, অ্যালকোহল ইত্যাদি অন্যান্য তবল জ্বালানী। ইহা মোটর, বিমান, স্টোভ, বিভিন্ন প্রদীপ ও গ্যাস বাতি ইত্যাদিতে ব্যবহৃত হয়।

(iii) **গ্যাসীয় জ্বালানী** (Gaseous fuel): নানা রকম দাহ্য গ্যাস, যথা: কোল গ্যাস, ওয়াটার গ্যাস, প্রডিউসার গ্যাস, ন্যাচারেল বা প্রাকৃতিক গ্যাস ইত্যাদি। ইহা গৃহে রান্নার কাজে, শিল্প পদ্ধতিতে উত্তাপ সঞ্চারে, এবং অন্যান্য রাসায়নিক কাজে ব্যবহৃত হয়।

কঠিন জ্বালানী ব্যবহারে ছাই অবশিষ্ট থাকে কিন্তু পরিস্রুত তবল বা গ্যাসীয় জ্বালানীতে ছাই অবশিষ্ট থাকে না বলিয়া শেষ দুইটি ক্ষেত্রে চুল্লীর আয়তন ক্ষুদ্রকায় হয়।

1. কঠিন জ্বালানী: কয়লা ও কাঠ (Coal and Wood)

কয়লার উৎপত্তি (Origin of coal): কয়লা ও কাঠ মূলত অভিন্ন। মৃত উদ্ভিদের শাখা ও কাণ্ডকে বলা হয় কাঠ এবং কয়লা কাঠেরই রূপান্তর মাত্র। প্রায় বিশ কোটি বৎসর আগে পৃথিবীতে একশত ফুট লম্বা অনেক অতিকায় উদ্ভিদ্ ছিল। ভূকম্পন এবং ভূপৃষ্ঠে নানারূপ ভৌগোলিক পরিবর্তনের ফলে কোন কোন স্থানে মাটির তলায় এই সব উদ্ভিদ্ স্তূপীকৃত হয়। ভূপৃষ্ঠের প্রবল চাপে মাটির তলায় আবদ্ধ এরূপ উদ্ভিদ্-স্তূপের মধ্যে বায়ুর অভাবে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে। উদ্ভিদের কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন আংশিক পরিমাণে মিথেন (OH_4) গ্যাস, কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) ও জল (H_2O) রূপে নির্গত হইয়া যায় এবং ভূপৃষ্ঠের চাপে মাটির তলায় পিষ্ট ও আবদ্ধ উদ্ভিদের মধ্যে কার্বনের পরিমাণ ক্রমশ বৃদ্ধি পাইতে থাকে। সময় যত দীর্ঘায়িত হয় কার্বনের পরিমাণও তত বৃদ্ধি পায় এবং এই উদ্ভিদ্-স্তূপ কালক্রমে কয়লায় পরিণত হয়। ভূ-পৃষ্ঠের নানারূপ পরিবর্তনের ফলে কয়লা শেষ পর্যন্ত খনিগর্ভে সঞ্চিত হয়।

কয়লার শ্রেণীভাগ (Classification of Coal): প্রথম অবস্থায় উদ্ভিদ্ কাঠে পরিণত হয়। এই কাঠ রূপান্তরিত হয় (i) পিট (Peat) কয়লায়।

পিট কয়লায় কার্বনের পরিমাণ প্রায় 60 শতাংশ। পিট কয়লায় ফসিল বা জীবাশ্মরূপে উদ্ভিদের সুস্পষ্ট অবশেষ ও উদ্ভিদের আকৃতি দেখিতে পাওয়া যায়। এই পিট কয়লা কালক্রমে পরিণত হয় (ii) **লিগনাইট** (Lignite) বা **বাদামী কয়লায়**। বাদামী কয়লায় কার্বনের পরিমাণ 67 শতাংশ। এই কয়লাতেও উদ্ভিদের আকৃতি চিহ্ন বর্তমান থাকে।

পরবর্তী অবস্থায় লিগনাইট রূপান্তরিত হয় (iii) **বিটুমিনাস** (Bituminous) **কয়লা বা সাধারণ ব্যবহার্য কয়লায়**। এরূপ কয়লার মধ্যেও নানারূপ উদ্ভিদের ফসিল বা জীবাশ্ম পাওয়া যায়। এরূপ সাধারণ কয়লায় কার্বনের পরিমাণ প্রায় 88 শতাংশ। এই কয়লায় কালো ধোঁয়া সৃষ্টি হয়। গৃহে জ্বালানী রূপে বিটুমিনাস কয়লা হইতে উৎপন্ন কোক ব্যবহৃত হয়। অন্তিম পর্যায়ে কয়লা রূপান্তরিত হয় (iv) **অ্যানথ্রেসাইট** (Anthracite) নামক কয়লায়। এই কয়লায় কার্বনের পরিমাণ প্রায় 94 শতাংশ। কয়লার মধ্যে অ্যানথ্রেসাইট সবচেয়ে কার্বন সমৃদ্ধ কয়লা। ইহা জলে ধীরে ধীরে ধূমহীনভাবে এবং উচ্চ তাপ সৃষ্টি করে। উপযুক্ত পদ্ধতিতে তৈরী অঙ্গার বা চারকোল শতাংশে বিশুদ্ধ হইতে পাবে।

কাঠ ও কয়লায় কার্বনের শতাংশিক পরিমাণ

জ্বালানী	কার্বন	হাইড্রোজেন	অক্সিজেন	ক্যালোরি হিসাবে প্রতি পাউণ্ডে তাপমাত্রা
কাঠ (Wood)	50·0	6·0	44·0	7,400
পিট (Peat)	60·0	5·1	34·9	9,900
লিগনাইট (Lignite)	67·0	5·2	27·8	11,700
বিটুমিনাস কয়লা (Bituminous)	88·4	5·6	6·4	14,950
অ্যানথ্রেসাইট (Anthracite)	94·1	3·4	2·5	15,720
বিশুদ্ধ চারকোল (Pure charcoal)	100·0	...	...	14,544

নেপোলিয়ানের যুগেও কয়লার ব্যাপক ব্যবহার জানা ছিল না। কিন্তু কয়লা এখন শিল্প-সভ্যতার প্রধান ইন্ধন। প্রতি বৎসর পৃথিবীতে কয়লা উত্তোলন করা হয় গড়ে প্রায় 150 কোটি টন। আমাদের দেশে প্রতি বৎসর কয়লা উত্তোলন করা হয় প্রায় চার কোটি টন এবং খনিতে মজুদ কয়লার আনুমানিক পরিমাণ প্রায় 4,000 কোটি টন।

কাঠ শুধু জ্বালানীই নয়। কাঠ-কয়লার ছাই এক মূল্যবান সার। ইহাতে বিশেষ করিয়া পটাসিয়াম কার্বনেট থাকে। এরূপ ছাই কলাগাছের পক্ষে উৎকৃষ্ট সার।

কাঠ ও কয়লার অন্তর্ধূম পাতন

(Destructive distillation of wood and coal)

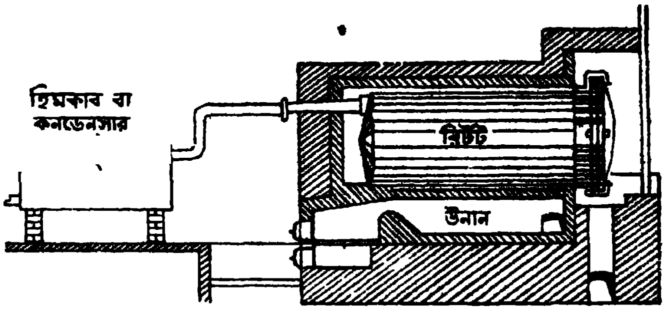
অন্তর্ধূম পাতন (Destructive distillation) : কোন পদার্থকে যদি বায়ুরুদ্ধ অবস্থায় আবদ্ধ পাত্রের মধ্যে ভরিয়া উত্তপ্ত করা যায় এবং তাহার ফলে যদি মূল পদার্থের গঠনে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ার পরে বিকৃত পদার্থটি যদি উদ্বায়ী ও অনুদ্বায়ী অংশে বিভক্ত হইয়া গ্রাহক ও পাতন পাত্রে সংগৃহীত হয় এবং সেই উদ্বায়ী ও অনুদ্বায়ী অংশ দুইটিকে একত্র করিয়া যদি মূল বস্তুটিকে পুনর্গঠিত করা সম্ভব না হয় তবে সেই রাসায়নিক ক্রিয়াকে বলা হয় **অন্তর্ধূম** বা **সংহার পাতন** বা **ডেসট্রাকটিভ ডিসটিলেশন**।

কাঠের অন্তর্ধূম পাতন

(Destructive distillation of wood)

পাতন ক্রিয়া (Distillation) : বায়ুতে শুষ্ক কাঠের মধ্যে 50% কার্বন, 6% হাইড্রোজেন এবং 44% অক্সিজেন (সেই সঙ্গে কিছু নাইট্রোজেন ও সালফার) থাকে। বায়ুরুদ্ধ পাত্রে তথা রিটর্টে (retort) ভরিয়া কাঠ উত্তপ্ত করিলে কাঠের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং বিক্রিয়ায় উৎপন্ন দ্রব্য উদ্বায়ী ও অনুদ্বায়ী (volatile and non-volatile)—এরূপ দুই অংশে বিচ্ছিন্ন হইয়া যায়। কাঠের এরূপ অন্তর্ধূম ক্রিয়া সম্পন্ন করা হয় বায়ুরুদ্ধ রিটর্টে। কাঠভরা বায়ুরুদ্ধ লোহার রিটর্ট প্রায় 350°C তাপাংকে ত্রিশ ঘণ্টাব্যাপী উত্তপ্ত করা হয়। এরূপ বিক্রিয়ার ফলে কাঠ হইতে উদ্বায়ী পদার্থ গ্যাসরূপে নির্গত হইয়া যায় এবং **রেসিডিয়ু** (residue) বা অবশেষরূপে পাতন পাত্র বা রিটর্টে কঠিন অনুদ্বায়ী পদার্থরূপে পড়িয়া থাকে **কাঠের অঙ্গার তথা উড চারকোল** (charcoal)।

পাতিত পদার্থ (Distillate) : কাঠ হইতে গ্যাসরূপে নির্গত উদ্বায়ী পদার্থ **হিমকার** বা **কণ্ডেন্সারের** (condenser) মধ্যে **শীতল** করিয়া সংগৃহীত করা হয়। শীতলতার প্রভাবে গ্যাসের যে অংশ তরলে



কাঠের অন্তর্ধূম পাতনের যান্ত্রিক কাঠামো

পরিণত হয় তাহাকে (i) **পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড** (Pyroligneous acid) বা **কাষ্ঠাগ্নি অ্যাসিড** নামে অভিহিত করা হয়। এরূপ তরলে পাওয়া যায় : **মিথাইল অ্যালকোহোল** (2—4%), **অ্যাসিটিক অ্যাসিড** (10%), এবং স্বল্প **অ্যাসিটোন** নামক জৈব পদার্থ এবং **জল**।

(ii) উপরোক্ত তরল পদার্থ ছাড়াও কিছু **আলকাতরা** হিমকার বা কনডেন্সারের তলায় সঞ্চিত হয়। এই আলকাতরাকে **কাঠের আল্‌কাতরা** বা **ক্রিয়োজোট** (Wood tar or Creosote) বলা হয়। পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড এই আলকাতরার উপরে ভাসিয়া থাকে।

(iii) উদ্বায়ী অংশ শীতল করার পরেও যে অংশ বাকী থাকে তাহা গ্যাস। এই গ্যাসকে **উড-গ্যাস** (Wood gas) **বা কার্বন-গ্যাস** বলা হয়। ইহা **মিথেন** (CH_4), **হাইড্রোজেন** (H_2), **কার্বন মনোক্সাইড** (CO) এবং **স্বল্প কার্বন ডাই-অক্সাইড** (CO_2) দ্বারা গঠিত।

(খ) **অবশেষ** (Residue) : রিটর্ট বা পাতন পাত্রে অবশেষরূপে পড়িয়া থাকে **কাঠ-কয়লা** বা কাঠের অঙ্গার (Wood charcoal)।

কাঠ-পাতনে প্রাপ্ত গ্যাস জ্বালানীরূপে বা আলো জ্বালাইবার জন্য প্রদীপের গ্যাসরূপে ব্যবহার করা হয়। জ্বালানীরূপে কাঠ ব্যবহার করার ফলে অনেক

মূল্যবান রাসায়নিক দ্রব্য নষ্ট হইয়া যায়। বর্তমানে অন্তর্ধূম পাতন পন্থায় কাঠ হইতে এই সব জৈব পদার্থ সংগ্রহ করা হয়। এই পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড ও আলকাতরা মূল্যবান রাসায়নিক রূপে এবং কাঠের গ্যাস বা উড গ্যাস জ্বালানী রূপে ব্যবহৃত হয়। কাঠ-কয়লা জ্বালানীরূপে ব্যবহৃত হয়।

১৭।

কয়লার অন্তর্ধূম পাতন

Destructive distillation of coal)

রেভারেণ্ড জন ক্লেটন নামে এক বৃটিশ পাদ্রী প্রথমে 1688 খ্রীষ্টাব্দে কয়লার অন্তর্ধূম পাতন পদ্ধতি আবিষ্কার করেন। 1798 খ্রীষ্টাব্দে মারডক নামে আরেক ইংরেজ বার্মিংহামে কোল-গ্যাসের প্রথম কারখানা স্থাপন করেন। কোল-গ্যাস দ্বারা সর্বপ্রথম লণ্ডনের রাস্তা আলোকিত করা হয় 1812 খ্রীষ্টাব্দে।

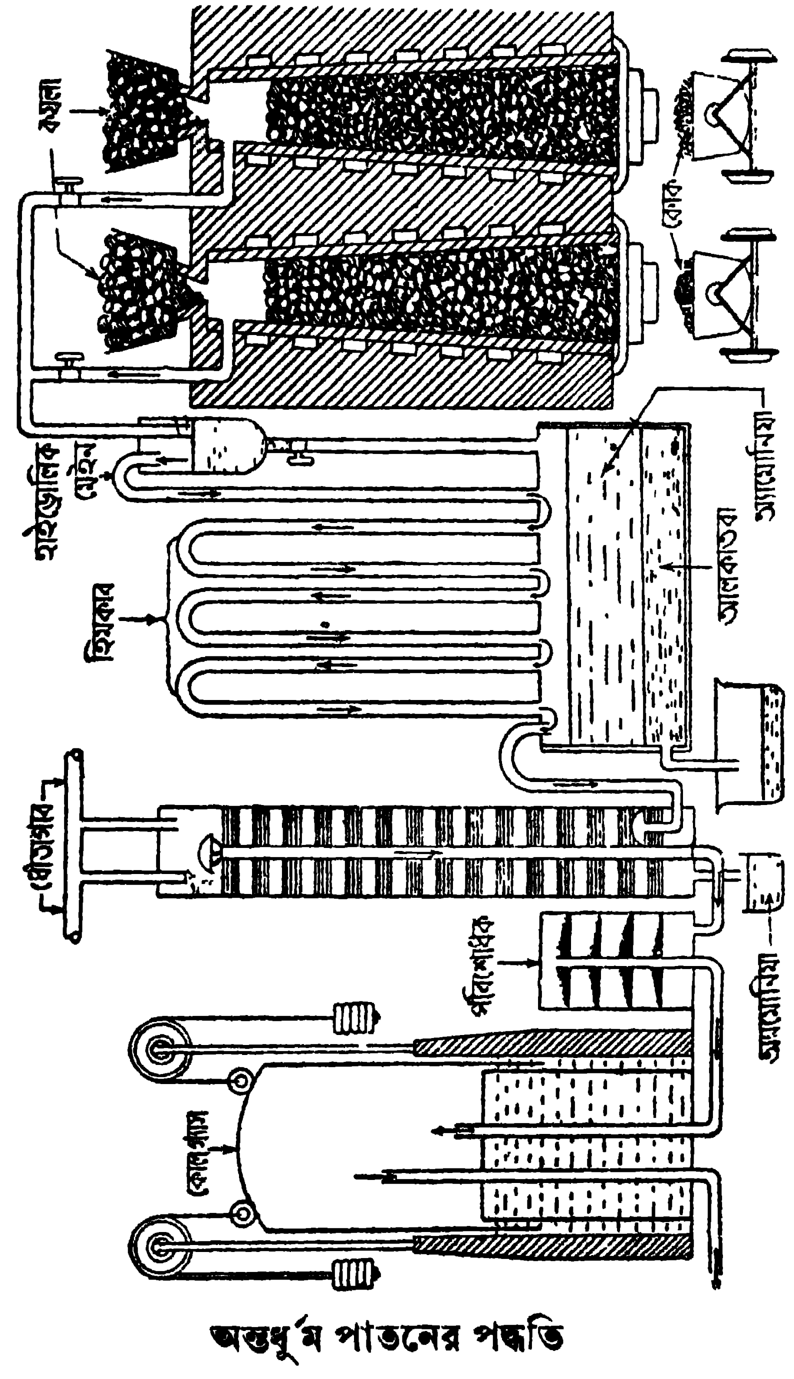
কয়লার অন্তর্ধূম পাতনের ফলে প্রাপ্ত পদার্থঃ—(i) **অনুদ্বায়ী** (Non-volatile) **পদার্থরূপে** তথা **অবশেষ** বা **রেসিডিউরূপে** (Residue) পাওয়া যায় : (ক) **কোক** এবং (খ) **গ্যাস কার্বন**।

(ii) **উদ্বায়ী পদার্থ** (Volatile) **রূপে** পাওয়া যায় : (ক) **অ্যামোনিয়া**, (খ) **আলকাতরা** এবং (গ) **কোল গ্যাস** বা কয়লার গ্যাস।

কয়লার অন্তর্ধূম পাতন ক্রিয়ার ফলে পাতন পাত্রের তলায় **অবশিষ্টরূপে** পড়িয়া থাকে **কোক** এবং পাতন পাত্রের দেয়ালে সঞ্চিত হয় **গ্যাস কার্বন**। এরূপ **অনুদ্বায়ী** অবশেষ উভয়েই কঠিন পদার্থ।

পাতিত অংশ (Distillate) : **উদ্বায়ী অংশ** গ্যাসরূপে নির্গত হইয়া পরপর দুইটি হিমকারে প্রবেশ করে। এই হিমকারের শীতলতায় উদ্বায়ী পদার্থের একাংশ তরল (i) **অ্যামোনিয়া** এবং (ii) ঘন তরল **আলকাতরা-রূপে** গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত হয়। উদ্বায়ী পদার্থের অপর অংশ (iii) **কোল-গ্যাস**। এই কোল গ্যাস অবিশুদ্ধ। ইহা প্রথমে নির্ঝরিত জলে ধুইয়া এবং পরে হাইড্রেটেড ফেরিক অক্সাইডের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া বিশুদ্ধ করা হয়। এই বিশুদ্ধ গ্যাস **কোল গ্যাস** নামক জ্বালানীরূপে ব্যবহার করা হয়।

অবশেষ (Residue) : এরূপ অন্তর্ধূম পাতনের ফলে রিটর্টে অবশিষ্টরূপে পড়িয়া থাকে অনুদ্বায়ী পদার্থ **কোক** (Coke) এবং রিটর্টের দেওয়ালে সঞ্চিত হয় **গ্যাস-কার্বন** (gas-carbon) নামের অঙ্গার।



কয়লার অন্তর্ধূম পাতন : অ্যামোনিয়া, আলকাতরা ও গ্যাস উৎপাদন

অন্তর্ধূম পাতনের পদ্ধতি

(Process of destructive distillation)

(i) বর্তমানে অগ্নিসহ মৃত্তিকা (fire clay) দ্বারা তৈরী রিটর্টে ভরিয়া প্রায় 1000°C তাপাংকে প্রডিউসার গ্যাস নামের একরকম গ্যাসীয় জ্বালানী দ্বারা সাধারণত বিটুমিনাস কয়লা উত্তপ্ত করা হয়।

(ii) **অ্যামোনিয়া ও আলকাতরা সংগ্রহ :** উদ্বায়ী অংশ প্রধানত কোল গ্যাস এবং এই গ্যাসের সঙ্গে অন্যান্য দ্রব্য মিশ্রিত থাকে। কোলগ্যাসের সঙ্গে মিশ্রিত এরূপ অন্যান্য উদ্বায়ী পদার্থের প্রথমাংশ পাতন যন্ত্রের **জলাধারে** বা **হাইড্রলিক মেইনে** (hydraulic main) এবং দ্বিতীয় অংশ **হিমকার** বা **কণ্ডেন্সারে** সঞ্চিত হয়। হাইড্রলিক মেইন বা জলাধারে এবং হিমকারে সঞ্চিত হয় অ্যামোনিয়া ও আলকাতরা : এরূপ জলে দ্রবীভূত ঘন অ্যামোনিয়া দ্রবণকে বলা হয় **অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার**।

কোল গ্যাস (Coal Gas)

(iii) **কোল গ্যাস পরিশোধন :** প্রায় 1000°C তাপাংকে রিটর্টে আবদ্ধ করিয়া বিটুমিনাস জাতীয় কয়লা উত্তপ্ত করিলে রিটর্টে পড়িয়া থাকে কোক ও গ্যাস কার্বন, কণ্ডেন্সারে সঞ্চিত হয় অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার ও আলকাতরা এবং অবশিষ্ট উদ্বায়ী অংশ কোল গ্যাসরূপে নির্গত হয়। কোলগ্যাসের সঙ্গে অবাঞ্ছিত মলরূপে (impurities) সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন (H_2S) গ্যাসও মিশ্রিত থাকে। হিমকার বা কণ্ডেন্সার ত্যাগ করিয়া কোলগ্যাস প্রবেশ করে **জলীয় ধৌতাগার** বা **ওয়াসারে** (washer)। এখানে বাকী অ্যামোনিয়া এবং আংশিকভাবে সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন জলের ধারায় দ্রবীভূত হয়। সালফারের বাকী গ্যাস অপসারিত করা হয় **পরিশোধক** বা **পিউরিফায়ার** (purifier) প্রকোষ্ঠে। এখানে ফেরিক হাইড্রক্সাইডের [$Fe(OH)_3$] সঙ্গে সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনের বিক্রিয়ায় ফেরিক সালফাইড (Fe_2S_3) গঠিত হয় [$2Fe(OH)_3+3H_2S=Fe_2S_3+6H_2O$]। এই সালফাইডকে শিল্পের ভাষায় বলা হয় **আয়রন অক্সাইডের অবশেষ** বা **স্পেণ্ট অক্সাইড অব আয়রন** (spent oxide of iron)। অনেক ক্ষেত্রে ফেরিক হাইড্রক্সাইডের পরিবর্তে অথবা একই সঙ্গে কিছু কলিচুন [$Ca(OH)_2$] বিভিন্ন গ্যাসের (H_2S, CO_2, HCN, CS_2 ইত্যাদি) শোষকরূপে ব্যবহার করা হয়। এরূপ বিক্রিয়ার অবশেষকে স্পেণ্ট লাইম (spent lime) বলা হয়। বিক্রিয়া ঘটে : $Ca(OH)_2+2H_2S=Ca(HS)_2+2H_2O$; $Ca(OH)_2+CO_2=CaCO_3+2H_2O$, অবাঞ্ছিত পদার্থ-মুক্ত **কোল গ্যাস** ইহার পরে গ্যাস-হোল্ডার বা গ্যাস-গ্রাহকে সংগ্রহ করা হয়।

কোল গ্যাসের গঠন

(Composition of coal gas)

প্রায় 1000°C তাপাংকে রিটর্টে আবদ্ধ করিয়া বিটুমিনাস জাতীয় কয়লা উত্তপ্ত করিলে, উদ্বায়ী অংশরূপে পাওয়া যায় অশুদ্ধ কোল গ্যাস। ইহা জলে ধুইয়া ও ফেরিক অক্সাইডের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া বিশুদ্ধ করার পরে কোল গ্যাসের গঠন হয় অনুরূপ :

(ক) অদীপ্ত শিখায় দাহ্য	হাইড্রোজেন (H_2) ···	43—55%
জ্বালানী গ্যাস	মিথেন (CH_4) ···	25—35%
(Fuel gas)	কার্বন মনোক্সাইড (CO)	4—11%
(খ) দীপ্ত শিখায় দাহ্য	অ্যাসিটিলিন, ইথিলিন,	2·5--5%
আলোকদায়ী গ্যাস	বেঞ্জিন [C_2H_2, C_4H_4, C_6H_6]	
(Illuminant gas)		
(গ) অদাহ্য	নাইট্রোজেন (N_2) ···	2—12%
লঘুকারী গ্যাস	কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2)	0—3%
(Dilutent gas)	অক্সিজেন (O_2) ···	0—1 5%

কয়লা পাতন-ক্রিয়ার উৎপন্ন দ্রব্যের ব্যবহার (Uses of the distillation product of coal) ঃ

(i) **কোক** (coke) ব্যবহার করা হয় জ্বালানীরূপে এবং ধাতু নিষ্কাশনে বিজারকরূপে।

(ii) **গ্যাস-কার্বন** (gas carbon) দ্বারা তড়িদ্‌-বিশ্লেষণ ক্রিয়ায় ব্যবহৃত ভোল্টামিটারের তড়িৎ-দ্বার তৈরী করা হয়। তড়িৎচুল্লী নির্মাণের জন্যও গ্যাস-কার্বন তৈরী করা হয়।

(iii) **তরল অ্যামোনিয়ার** সঙ্গে সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া প্রচুর পরিমাণে অ্যামোনিয়াম সালফেট সার তৈরী করা হয়।

(iv) আয়রন সালফাইড প্রধানত ব্যবহার করা হয় সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনে এবং সালফার ডাই-অক্সাইড তৈরী করার জন্য।

(v) **আলকাতরা** (Tar) ঃ আলকাতরা একটি অতি মূল্যবান জৈব পদার্থ। আলকাতরা পাতিত করিয়া যে সমস্ত জৈব পদার্থ পাওয়া যায় তাহা প্রধানত কৃত্রিম রঙ ও ঔষধ-শিল্পে ব্যবহার করা হয়। এই আলকাতরা হইতে সর্বাপেক্ষা মিষ্ট-দ্রব্য স্যাকারিনও প্রস্তুত করা হয়। পাতনের পরে **পিচ** (Pitch)

নামক যে পদার্থটি অবশিষ্ট থাকে তাহা রাস্তা নির্মাণে ব্যবহৃত হয়। আলকাতরা পাতিত করিয়া পাওয়া যায় :

বেঞ্জিন ও বেঞ্জিন জাতীয় জৈব পদার্থ	1·40%
কার্বলিক অ্যাসিড	0·20%
ন্যাপথালিন	4·00%
ক্রিওজোট তৈল	24·00%
অ্যানথ্রাসিন	0·20%
পিচ	55·00%
জল	15·00%

(vi) **কোল গ্যাস** (Coal gas) : কোল গ্যাস বিভিন্ন শ্রেণীর গ্যাস দ্বারা গঠিত। এরূপ মিশ্র গ্যাসের একাংশের কাজ (ক) দহন, অপর অংশের কাজ (খ) আলোক সৃষ্টি এবং তৃতীয় অংশের কাজ (গ) কোল-গ্যাস লঘু করা।

(vii) **স্পেণ্ট অক্সাইড অব আয়রন** সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনে সালফার ডাই-অক্সাইড তৈরী করার এবং ফেরোসায়নাইড তৈরী করার জন্য এবং **স্পেণ্ট লাইম** সাররূপে ব্যবহার করা হয়।

কোল-গ্যাসে কার্বন মনোক্সাইড থাকার ফলে ইহা বিষাক্ত। কোল-গ্যাস প্রধানত **জ্বালানীরূপে** এবং **আলোকদায়ী গ্যাসরূপে** ব্যবহার করা হয়। কোল-গ্যাস দ্বারা আলো জ্বালাইবার জন্য ম্যাণ্টল্ অর্থাৎ একরকম জালি-সলিতা ব্যবহার করা প্রয়োজন। কারণ কোল-গ্যাসের অ্যাসিটিলিন ও বেঞ্জিন ছাড়া আর সমস্ত দাহ্য গ্যাসই অদীপ্ত শিখায় জ্বলে।

II. তরল জ্বালানী (Liquid fuel)

তরল তেলের প্রধান ভাণ্ডার **খনিজ তেল বা পেট্রোলিয়াম**। এই পেট্রোলিয়ামকে এখন যন্ত্র-সভ্যতার 'রক্ত' বলিয়া অভিহিত করা হয়। পেট্রোলিয়াম ব্যবহার শুরু হইয়াছে মাত্র 1856 খ্রীষ্টাব্দ হইতে।

তরল জ্বালানীর শ্রেষ্ঠতা : তরল জ্বালানী ব্যবহারের জন্য—(i) উনান বা চুল্লী তৈরী করার স্থান কম লাগে, (ii) দহনের জন্য অল্প সময় লাগে, (iii) এরূপ জ্বালানীতে তাপের অপচয় হয় না, (iv) তরল জ্বালানীতে তাপ সৃষ্টি হয় বেশী পরিমাণে, (v) তরল জ্বালানী জ্বালিবার পরে চুল্লীতে কোন ছাই অবশিষ্ট থাকে না এবং (vi) স্বল্প স্থানে বিশেষ সুরক্ষিতভাবে এরূপ তেল সঞ্চিত রাখা যায়। তরল জ্বালানীর এরূপ সুবিধার জন্য কলকারখানায় কঠিন

জ্বালানী কয়লার বদলে ক্রমশ এখন তরল জ্বালানীর ব্যবহার প্রবর্তিত হইতেছে।

বিমান, মোটর, সামরিক যানবাহন, বিভিন্ন-যন্ত্রপাতি এবং কলকারখানায় পেট্রলের ব্যবহার এত বাড়িয়া গিয়াছে যে বর্তমানে পৃথিবীতে প্রতি বৎসর প্রায় 50 কোটি টন পেট্রোলিয়াম শোধন করা হয়। ইহার মধ্যে প্রায় 27 কোটি টন পেট্রোলিয়াম শোধিত হয় একমাত্র আমেরিকায়। প্রধানত আমেরিকার যুক্তরাষ্ট্র, পারস্য ও আরবদেশে, রুমানিয়া ইন্দোনেশিয়া এবং দক্ষিণ আমেরিকায় পেট্রোলিয়ামের খনি আছে। ভারতে ডিগবয় অঞ্চলে, ও নাহারকাটিয়ায় পেট্রোলিয়ামের খনি আছে এবং সম্প্রতি গুজরাটে ক্যাম্বেতে একটি পেট্রোলিয়াম খনি আবিষ্কৃত হইয়াছে।

পেট্রোলিয়াম বা খনিজ তেল

(Petroleum or Mineral oil)

খনিজ তেলের উৎপত্তি ঃ কি করিয়া পেট্রল সৃষ্টি হইয়াছে তাহা এখনও গবেষণার বিষয়। বিজ্ঞানীরা মোটামুটি মনে করেন যে, সামুদ্রিক কীটাণুর ও উদ্ভিজ্জের বিগলিত দেহ হইতে খনিজ তেল বা পেট্রোলিয়াম সৃষ্টি হইয়া ভূগর্ভের অভেদ্য শিলাস্তরের মধ্যে সঞ্চিত হইয়াছে। খনিজ তেল বা পেট্রোলিয়াম খনিতে সাধারণত **প্রথম স্তরে থাকে গ্যাস, দ্বিতীয় স্তরে খনিজ তেল** এবং **তৃতীয় স্তরে লবণাক্ত জল।** প্রায় 5000 হইতে 15,000 ফুট ভূগর্ভ হইতে খনিজ তেল নলের সাহায্যে তুলিয়া আনিয়া পাইপের সাহায্যে স্থানান্তরে পাঠানো হয় এবং দূরবর্তী স্থানে অবস্থিত **শোধনাগারে** অবিশুদ্ধ তেল শোধন করা হয়।

পেট্রোলিয়াম বা খনিজ তেলের পাতন

(Distillation of Mineral oil)

ভূগর্ভ হইতে উত্তোলিত খনিজ তেল ঘন বাদামী বর্ণের একরকম অপবিশুদ্ধ আঠালো তেল। ইহা সম্পূর্ণরূপে কার্বন ও হাইড্রোজেনের বিভিন্ন ধরনের **হাইড্রো-কার্বন যৌগের মিশ্রণ-রূপে** (Hydro-carbon compounds mixture) গঠিন। এরূপ বিভিন্ন হাইড্রোকার্বনের স্ফুটনাংক এক নয়। পেট্রোলিয়াম উত্তপ্ত করিলে অপেক্ষাকৃত কম উষ্ণতায় কতগুলি হাইড্রোকার্বন বাষ্পে পরিণত হয় এবং ঠাণ্ডা করিলে তাহা তরল পদার্থরূপে গ্রাহকপাত্রে সংগৃহীত হয়। অবশিষ্ট তরল হাইড্রোকার্বন পরপর উচ্চতর তাপাংকে উষ্ণ করিলে ইহাও ক্রমে ক্রমে পাতিত হয়। এরূপভাবে **মিশ্র তরল পদার্থকে বিভিন্ন তাপাংকে পাতিত করিয়া ইহার বিভিন্ন উপাদান পৃথক করিয়া ভিন্ন ভিন্ন ভাবে সংগ্রহ করার পাতন পদ্ধতিকে আংশিক পাতন ক্রিয়া** (Fractional distillation) বলা হয়। খনিজ তেল এরূপ আংশিক পাতন পদ্ধতিতে পাতিত করা হয়। **ইহার ফলে খনিজ তেলে মিশ্রিত ভিন্ন ভিন্ন হাইড্রোকার্বন যৌগ বিভিন্ন তাপমাত্রায় উদ্বায়ী ও অনুদ্বায়ী পদার্থরূপে বিচ্ছিন্ন হইয়া বিভিন্ন অংশে বিভক্ত হইয়া যায়।** যথা :

(i) 25°C—30°C তাপাংকে পাতিত খনিজ তেল হইতে যে তরল পদার্থ গ্রাহকপাত্রে পাওয়া যায় তাকে বলা হয় **সাইমোজেন ও রিগোলিন** (Cymogen and Regolin)। ইহা অসারকরূপে, হিমায়করূপে, রেয়নের কারখানায় এবং জ্বালানীরূপে ব্যবহার করা হয়।

(ii) পরবর্তী অংশের খনিজ তেল 30°C—70°C তাপাংকে পাতিত করিলে যে তেল পাওয়া যায় তাহাকে **পেট্রোলিয়াম ইথার এবং 70°C—120°C তাপাংকে পাতিত করিলে গ্যাসোলিন** (gasoline) বা **বিমান স্পিরিট** (aviation spirit) বলা হয়। ইহা খনিজ তেলের সবচেয়ে হালকা অংশ। মোটর ও বিমানের তেলরূপে এবং শিল্প-দ্রব্যের দ্রাবকরূপে ইহা ব্যবহার করা হয়। বস্ত্রাদি ধোয়ার জন্যও ইহা ব্যবহার করা হয়।

(iii) খনিজ তেল 120°—150°C তাপাংকে পাতিত করিলে গ্রাহকপাত্রে **বেনজাইন তেল** পাওয়া যায়। ইহা পশমের দ্রাবকরূপে ব্যবহৃত হয়।

(iv) পরবর্তী অংশের খনিজ তেল 150°C—300°C তাপাংকে পাতিত করিলে গ্রাহকপাত্রে পাওয়া যায় **কেরোসিন তেল** (kerosene)। ইহা জ্বালানী এবং প্রদীপের তেলরূপে ব্যবহার করা হয়।

(v) খনিজ তেলের পরবর্তী পাতিত অংশকে বলা হয় **ভারী বা ডিজেল তেল** (Heavy বা Diesel oil)। এই তেল পাওয়া যায় 300°C—350°C তাপাংকে অবশিষ্ট খনিজ তেল পাতিত করার ফলে। ইহা ডিজেল ইঞ্জিনে ব্যবহার করা হয়।

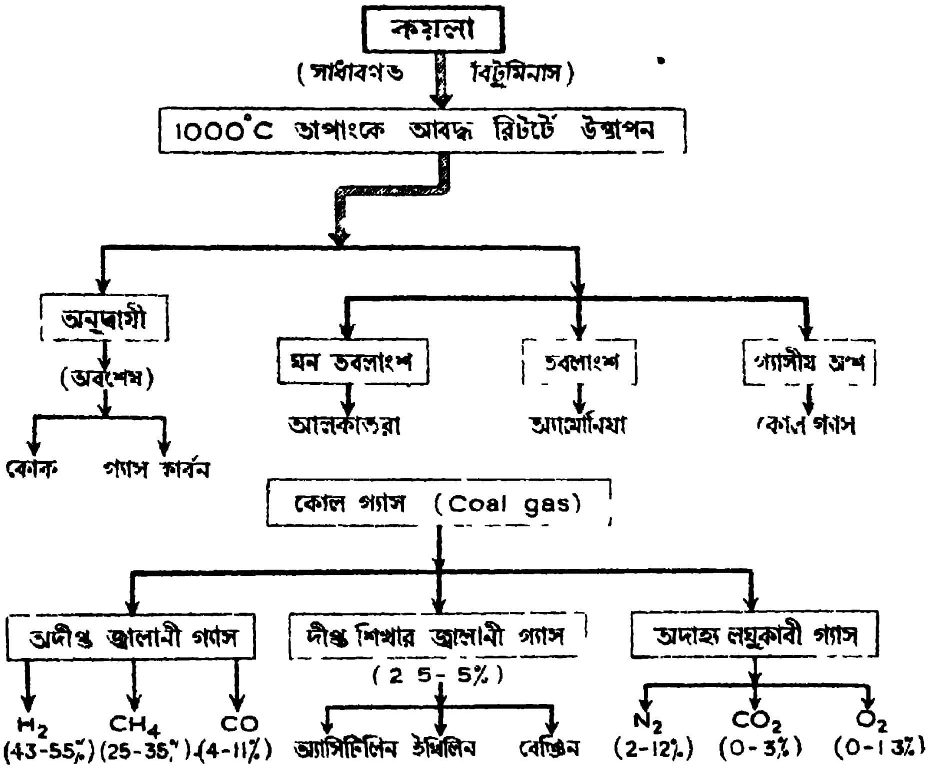
(vii) আরও উচ্চ তাপাংকে (350°C) খনিজ তেলের অবশিষ্ট অংশ পাতিত করিলে পাওয়া যায় **লুব্রিকেটিং তেল** (Lubricating oil) ও **তরল প্যারাফিন**। লুব্রিকেটিং তেল যন্ত্রপাতির ঘর্ষণজাত ক্ষয় নিবারণে ব্যবহার করা হয়। তরল প্যারাফিন জোলাপ ও মলম প্রস্তুতির জন্য ব্যবহৃত হয়।

(viii) 350°C তাপাংকের ঊর্ধ্বে খনিজ তেলের অবশিষ্টাংশ পাতনের সঙ্গে **ভেসীলন** ও **কঠিন মোম** পাওয়া যায়। ইহা মোম বাতির উপাদান ও পিচ্ছিলকারক রূপে ব্যবহার করা হয়।

(ix) **পাতনের অবশেষ** (Residue): আরও উচ্চতর তাপাংকের পাতন-ক্রিয়ার খনিজ তেল হইতে অবশিষ্ট কঠিন পদার্থরূপে **পেট্রোলিয়াম-পিচ ও অ্যাসফ্যাল্টও** পাওয়া যায়। ইহা রাস্তা তৈরীর কাজে ব্যবহার করা হয়।

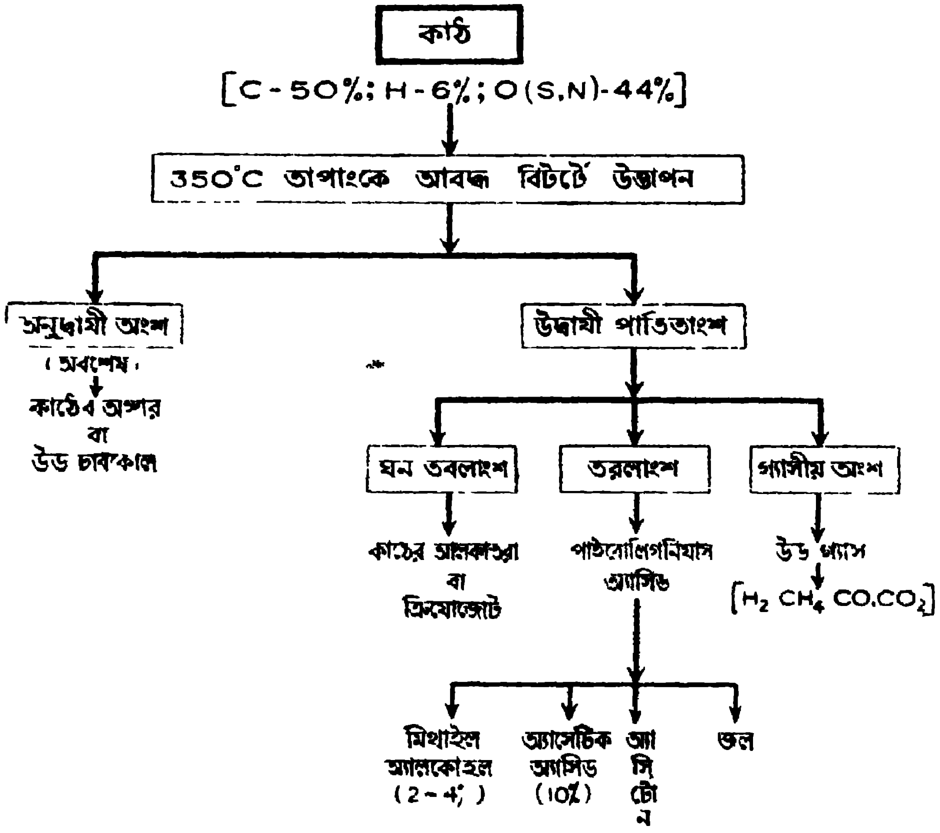
কয়লার অন্তর্ধূম পাতন

(*Destructive distillation of coal*)



কাঠের অন্তর্ধূম পাতন

(Destructive distillation of wood)



পেট্রোলিয়াম পাতন জাত পদার্থ

প্রাপ্ত পদার্থের ক্রম-সংখ্যা	পাতনের তাপাংক	প্রাপ্ত পাতিত পদার্থ	শতাংশ পরিমাণ	অণুতে কার্বনসংখ্যা	ব্যবহার
1	25°C-30°C	সাইমোজেন গ্যাস (Cymogen)	17%	4—5	হিমকার, জ্বালানী
2	30°C-70°C	পেট্রোলিয়াম ইথার (Petroleum Ether)		4—6	চর্বি ও তেলের দ্রাবক
3	70°C—120°C	পেট্রোল, গ্যাসোলীন (Petrol, Gasoline)		6—8	মোটর, বিমানের জ্বালানী, পরিষ্কারক
4	120°C—150°C	বেনজাইন (Benzine), [বেঞ্জিন নহে]		8—9	দ্রাবক, পশম পরিষ্কারক
	150°C - 300°C	কেরোসিন [Kerosene]	54%	18—12	জ্বালানী, আলোকদায়ী
6	300°C—350°C	ভারী তেল (Heavy oil) বা ডিজেল তেল (Diesel Oil)		12 সংখ্যার উপরে	ডিজেল ইঞ্জিনের জ্বালানী
7	350°C-এর ঊর্ধ্বে	লুব্রিকেটিং তেল (Lubricating oil) তরল প্যারাফিন (Liquid Paraffin)	17%	ঐ	যন্ত্রাদি পিচ্ছিল করার জন্য জোলাপরূপে, মলম প্রস্তুতে
8	আরও ঊর্ধ্বে	ভেসলীন, কঠিন প্যারাফিন বা মোম (Vaselin and solid Paraffin) ইহাদের গলনাংক 50°C—60°C	2%	24—28	মোমবাতির উপাদান, পিচ্ছিলকারক, মলম প্রস্তুতির সহায়ক
9	অবশেষ বা অনুদ্বায়ী অংশ (Residue বা non-volatile	পেট্রোলিয়াম পিচ ও অ্যাসফাল্ট (Petroleum Pitch, and Asphalt)	10%	অনির্দিষ্ট	রাস্তা তৈরীর কাজে ব্যবহৃত

কৃত্রিম পেট্রোলিয়াম (Synthetic petroleum)

1. **ভারী-তেল ভঞ্জন-ক্রিয়া** (Cracking of Heavy oil) : ভারী তেল যদি বায়ুরুদ্ধ পাত্রে এবং উচ্চচাপে অন্তর্ধূম পন্থায় পতিত করা যায় তাহা হইলে ভারী-তেল ভাঙ্গিয়া যায় এবং জ্বালানী গ্যাস, মোটর পেট্রল ও লুব্রিকেটিং তেল তৈরী হয়। এইরূপ পাতন পদ্ধতিকে বলা হয় ভারী তেলের ভঞ্জন-ক্রিয়া বা ক্র্যাকিং (cracking)। **অনুঘটকের সংস্পর্শে এরূপ ভঞ্জন প্রক্রিয়া ত্বরান্বিত হয়।**

2. **কয়লার হাইড্রোজিনেশন** (Hydrogenation of coal) : 450°C তাপাংকের ন্যায় নিম্নমাত্রার তাপে পিট, লিগনাইট, অর্থাৎ স্বল্প কার্বনযুক্ত কয়লা যদি বর্ধিত বায়ুর চাপে এবং ফেরিক অক্সাইডের ন্যায় অনুঘটকের সংস্পর্শে উত্তপ্ত করা হয় এবং **উত্তপ্ত কয়লার মধ্যে যদি হাইড্রোজেন** গ্যাস চালানো যায় তাহা হইলে কয়লা পেট্রোলে রূপান্তরিত হইয়া যায়। এরূপ পদ্ধতিতে অর্থাৎ স্বল্প তাপাংকে এবং বায়ুর উচ্চচাপে উপযুক্ত অনুঘটকের সংস্পর্শে কোন আবদ্ধ পাত্রে ভরা তিন টন কয়লার মধ্যে যদি হাইড্রোজেন চালানো যায় তাহা হইলে এক টন কৃত্রিম 'পেট্রোলিয়াম' তৈরী করা যায়। এরূপভাবে কয়লা হইতে পেট্রোলিয়াম তৈরী করার উপায়কে **কয়লার হাইড্রোজিনেশন পদ্ধতি** বলা হয়।

3. **অনুঘটন-পন্থা** (Catalytic method) : বিশেষ ধরনের অনুঘটক ব্যবহার করিয়া এবং তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রিত করিয়া কার্বন **মনোকসাইড** (CO), **কার্বন ডাই-অক্সাইড** (CO_2) এবং **হাইড্রোজেন** (H_2) গ্যাস একত্র মিশাইয়া সংশ্লেষণ পন্থায়ও কৃত্রিম পেট্রোল তৈরী করা হয়। গত যুদ্ধের সময় জার্মানী এরূপ পদ্ধতিতে প্রচুর পরিমাণে পেট্রোল তৈরী করিতে সক্ষম হয়।

III. গ্যাসীয় জ্বালানী (Gaseous fuel)

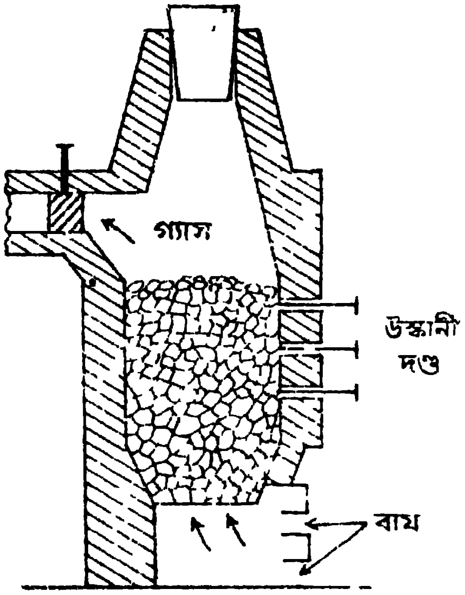
কোনো কোনো পেট্রোলিয়াম খনিতে **প্রাকৃতিক গ্যাস বা ন্যাচারেল গ্যাসরূপে** (natural gas) গ্যাসীয় জ্বালানী পাওয়া যায়।

এক সময় রাশিয়ার ককেসিয়া এবং আমেরিকার যুক্তরাষ্ট্রে, এরূপ প্রাকৃতিক গ্যাস হইতে প্রজ্বলিত প্রাকৃতিক গ্যাসাগ্নিকে পবিত্র অগ্নি রূপে পূজা করা হইত। ভারতেও কোনো কোনো তীর্থস্থানের কুণ্ডে প্রাকৃতিক অগ্নি দেখা যায়। ইহা প্রাকৃতিক গ্যাসের প্রজ্বলন ছাড়া আর কিছুই নয়। আমেরিকায় প্রচুর পরিমাণে এই প্রাকৃতিক গ্যাস সংগ্রহ করিয়া জ্বালানী রূপে ব্যবহার করা হয়।

জ্বালানী গ্যাসের মধ্যে তিনটি গ্যাস প্রধান। যথা: (i) **প্রডিউসার গ্যাস** (Producer gas) এবং (ii) **ওয়াটার গ্যাস** (Water gas) বা **উদকগ্যাস** এবং (iii) **কোল গ্যাস** (Coal gas)। [কোল গ্যাসের বিষয় পূর্বেই বর্ণিত হইয়াছে।]

1. প্রডিউসার গ্যাস বা **প্রযোজক গ্যাস** (Producer gas):

অগ্নিতপ্ত কয়লা বা কোকের উপরে 1000°C তাপাংকে নিয়ন্ত্রিত পরিমাণে বায়ুপ্রবাহ চালাইয়া প্রডিউসার গ্যাস তৈরী করা হয়। এই গ্যাসের মূল উপাদান কার্বন মনোক্সাইড (CO) ও নাইট্রোজেন (N_2)। এরূপ গ্যাস তৈরী করা হয় অগ্নিসহা মৃত্তিকার লাইনিং বা প্রলেপ-দেওয়া প্রডিউসার নামে পরিচিত ইস্পাতের তৈরী চুল্লীতে।



প্রডিউসার গ্যাস উৎপাদন

অগ্নিতপ্ত কোকের সঙ্গে বায়ুর বিক্রিয়ায় তাপ সৃষ্টি হয়। কোক ও বায়ুর প্রক্রিয়ায় কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী হয়। যথা:

$$2C+O_2=2CO+58,000$$ ক্যালোরী (তাপ) এবং

$$C+O_2=CO_2+97,000$$ ক্যালোরী (তাপ)।

এই কার্বন ডাই-অক্সাইড চুল্লীর লাল তপ্ত কোকের সংস্পর্শে কার্বন মনোক্সাইডরূপে বিজারিত হইয়া যায়। যথা: $CO_2+C \rightleftharpoons 2CO.$ ($-39,000$ ক্যালোরী)। প্রথম দুইটি বিক্রিয়া তাপ-উদ্ভাবক (exothermic), কিন্তু তৃতীয় বিক্রিয়াটি তাপ-হারক (endothermic)।

প্রডিউসার গ্যাসের মোটামুটি আয়তনিক গঠন

কার্বন মনোক্সাইড (CO)	20%
নাইট্রোজেন (N_2)	64%
হাইড্রোজেন (H_2)	10%
মিথেন (CH_4)	2%
কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2)	4%

ব্যবহার (Uses of Producer gas): প্রডিউসার গ্যাস একটি পরিচ্ছন্ন গ্যাস এবং ইহা স্বল্প খরচে তৈরী করা যায়; কিন্তু ইহাতে বায়ুর নাইট্রোজেন বেশী থাকে। নাইট্রোজেন অদাহ্য গ্যাস বলিয়া ইহার তাপ সৃষ্টি করার ক্ষমতা কম। তাই পাইপের সাহায্যে ইহা স্থানান্তরিত করা লাভজনক নয়। ইহা প্রধানত জ্বালানী গ্যাসরূপে ব্যবহার করা হয় এবং বিজারক দ্রব্যরূপেও ইহা ব্যবহৃত হয়। ধাতু নিষ্কাশন ক্রিয়ায় এবং কোল গ্যাস উৎপাদনে এবং অনেক সময় মোটর চালাইবার জন্যও এই গ্যাস ব্যবহার করা হয়।

2. **ওয়াটার গ্যাস** বা **উদক গ্যাস** (Water gas): ওয়াটার গ্যাস তৈরী করা হয় লাল-তপ্ত (প্রায় 1400°C) কয়লা বা কোকের উপরে জলীয় বাষ্প চালাইয়া। ওয়াটার গ্যাসের মূল উপাদান প্রায় সম-আয়তনে প্রাপ্ত কার্বন মনোকসাইড (CO) ও হাইড্রোজেন (H_2)। বিক্রিয়া:

$C+H_2O \rightleftharpoons CO+H_2$ (−39,000 ক্যালোরী)

লাল-তপ্ত কোকের উপরে জলীয় বাষ্পের বিক্রিয়ায় কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন তৈরী হয়। যথা: $C+H_2O=CO+H_2$, এরূপ বিক্রিয়ায় সব সময়ে তাপাংক 1000°C-র ঊর্ধ্বে রাখা প্রয়োজন। অন্যথায় তাপ হ্রাস পাইলে কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী হয়। যথা: $C+2H_2O=CO_2+2H_2$

বিক্রিয়াটি তাপগ্রাহক বলিয়া লাল-তপ্ত কোকের উপরে জলীয় বাষ্পের বিক্রিয়ায় চুল্লীর তাপমাত্রা হ্রাস পায়। তাই, এই গ্যাস তৈরী করার সময় মাঝে মাঝে জলীয় বাষ্পের প্রবাহ বন্ধ করিয়া কোকের উপরে বায়ু চালাইয়া চুল্লীর উত্তাপ বৃদ্ধি করিতে হয়। এরূপ ক্ষেত্রে যে প্রডিউসার গ্যাস তৈরী হয় তাহা ছাড়িয়া দেওয়া হয়। চুল্লীর তাপাংক বৃদ্ধি পাইলে আবার লাল তপ্ত কোকের উপরে জলীয় বাষ্প চালাইয়া ওয়াটার গ্যাস তৈরী করা হয়। প্রডিউসার গ্যাসের ন্যায় একই ধরনের চুল্লী ব্যবহার করা হয়।

কার্বন ও জলীয় বাষ্পের বিক্রিয়ায় কার্বন মনোক্সাইড (CO) ও হাইড্রোজেন (H_2) এবং আংশিকভাবে কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) তৈরী হয়। এই কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) আবার হাইড্রোজেন (H_2) দ্বারা বিজারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডে (CO) পরিণত হয়। যথা:

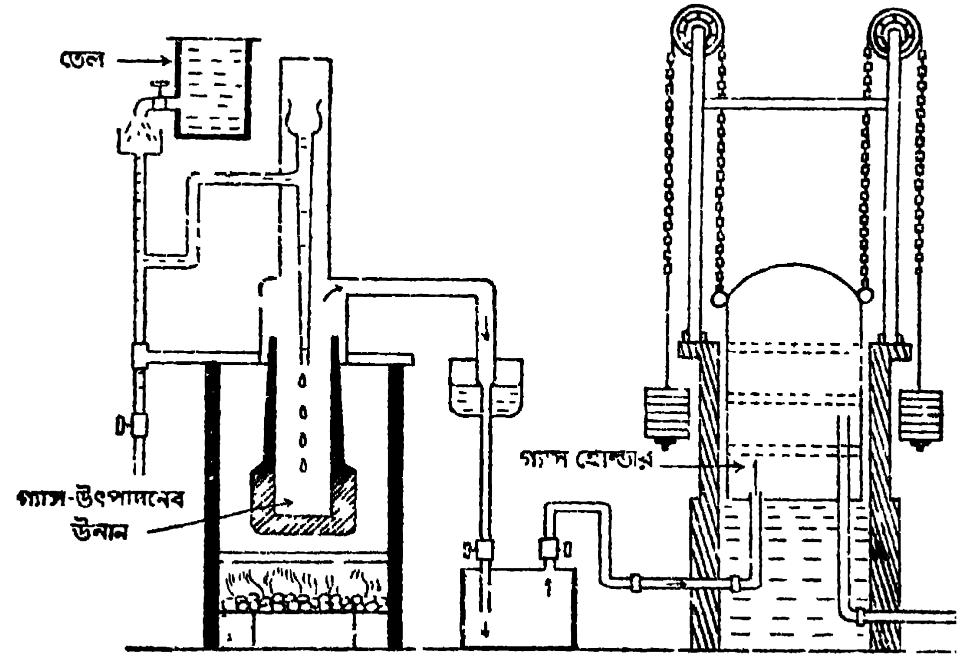
$$C+H_2O \rightleftharpoons CO+H_2$$
$$C+2H_2O \rightleftharpoons CO_2+2H_2$$
$$CO_2+H_2 \rightleftharpoons CO+H_2O$$

[প্রডিউসার ও ওয়াটার গ্যাসের উৎপাদন যন্ত্রের চিত্র একই ধরনের। ওয়াটার বা উদক গ্যাসের ক্ষেত্রে বায়ুর বদলে জলীয় বাষ্প চালানো হয়।]

ওয়াটার গ্যাসের মোটামুটি আয়তনিক গঠন

হাইড্রোজেন (H_2)	48%
কার্বন মনোক্‌সাইড (CO) ...	42%
নাইট্রোজেন (N_2) ...	6%
কার্বন ডাই-অক্‌সাইড (CO_2) ...	3%
মিথেন (CH_4)	1%

ব্যবহার (Uses of water gas) **:** কার্বন মনোক্‌সাইড ও হাইড্রোজেন (CO ও H_2) উভয় গ্যাসই দহনশীল বলিয়া ওয়াটার গ্যাসের তাপসৃষ্টির ক্ষমতা প্রডিউসার গ্যাসের দ্বিগুণ। কিন্তু কার্বন মনোক্‌সাইডের অস্তিত্বের জন্য এই গ্যাস বিষাক্ত। ইহা কোল গ্যাসের সঙ্গে মিশাইয়া শহরের জ্বালানী গ্যাস ও আলোকদায়ী গ্যাসরূপে ব্যবহার করা হয়। বাণিজ্যিক হাইড্রোজেন তৈরী করার জন্যও এই গ্যাস ব্যবহৃত হয়। ওয়াটার গ্যাস হইতে বাণিজ্যিক পদ্ধতিতে বৃহদায়তনে হাইড্রোজেনও তৈরী করা হয়। অনেক ক্ষেত্রে ধাতু নিষ্কাশনের জন্যও ইহা ব্যবহার করা হয়।



রসায়নাগারের গ্যাস তৈরী করার প্ল্যান্ট

প্রডিউসার ও ওয়াটার গ্যাসের পার্থক্য

(Difference between producer and water gas)

প্রডিউসার গ্যাস	ওয়াটার গ্যাস
1. প্রডিউসার গ্যাসে দহনশীল CO ও H_2 গ্যাসের পরিমাণ যথাক্রমে 20% এবং 10%,	1. ওয়াটার গ্যাসের মধ্যে দহনশীল CO ও H_2 গ্যাসের পরিমাণ যথাক্রমে 48% ও 42%,
2. এই গ্যাসে নাইট্রোজেনের পরিমাণ 64% বলিয়া ইহার তাপ সৃষ্টিব ক্ষমতা কম।	2. ইহাতে নাইট্রোজেনের পরিমাণ 6% বলিয়া এবং ইহার প্রায় 91% উপাদান দহনশীল বলিয়া ইহার তাপসৃষ্টির ক্ষমতা প্রডিউসার গ্যাসের দ্বিগুণ।
3. ইহাতে CO-এর অংশ কম বলিয়া বিশেষ বিষাক্ত নয়।	3. ওয়াটাব গ্যাসে CO-এর অংশ 42% বলিয়া ইহা বিষাক্ত।
4. ইহা আংশিকভাবে বিজারক গ্যাস।	4. ইহা প্রায় সম্পূর্ণভাবে বিজারক-ধর্মী ($CO+H_2$ উভয়েই বিজারক গ্যাস)।
5. ইহা স্থানান্তরিত কবা লাভজনক নয়।	5. ইহা স্থানান্তরিত করিয়া জ্বালানী ও আলোকদায়ী গ্যাসরূপে ব্যবহার করা যায়।
6. ইহার উৎপাদন বিক্রিয়া প্রথম পর্যায়ে তাপ উদ্ভাবক এবং দ্বিতীয় পর্যায়ে তাপ-হারক। তাই ইহার উৎপাদনের জন্য 1000°C তাপাংকে কোকের উপরে বায়ু চালান হয়। এরূপ বিক্রিয়ায় তাপ নিয়ন্ত্রণ করা প্রয়োজন।	6. ইহার উৎপাদন বিক্রিয়া তাপহারক। তাই ইহার উৎপাদনের জন্য লাল তপ্ত কোকের উপরে জলীয় বাষ্প চালান হয়। বিক্রিয়ার তাপাংক 1000°C তাপাংকে রাখা প্রয়োজন।

3. **কোলগ্যাস :** 404 এবং 405 পৃষ্ঠায় দ্রষ্টব্য।

4. **রসায়নাগারের গ্যাস** (Laboratory gas): ভারতবর্ষের অনেক রসায়নাগারে কেরোসিন তেলের গ্যাস ব্যবহার করা হয়। প্রথমে কাস্ট-আয়রনে তৈরী রিটর্টকে কয়লার আগুনে গরম করিয়া লাল তপ্ত করা হয়। এই লাল তপ্ত রিটর্ট বা পাত্রের মধ্যে কেরোসিন তেল ঢালা হয়। রিটর্টের উত্তাপে এই তেল ভাঙ্গিয়া যায় এবং সরল গঠনের হাইড্রোকার্বন তথা মিথেন, ইথেন, ইথিলিন ইত্যাদি গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই মিশ্র গ্যাস পাইপের সাহায্যে রসায়নাগারে সরবরাহ করিয়া বুনসেন ও অন্যান্য দীপের মাধ্যমে জ্বালানো হয়।

Questions to be discussed

1. What are the different products of destructive distillation of wood? How would you prepare wood gas?

2. What are the substances produced on distillation of coal? What is coal gas? What are the uses of the distillation?

3. What are the products of distillation of mineral oil? What is kerosene oil? What part of the distillation product is used as aviation petrol?

4. How can petroleum be prepared synthetically? Give principles only.

5. How can producer gas be prepared? What are its composition and uses?

6. What is water gas? What are its uses? How would you prepare it?

7. What is laboratory gas? How is it prepared?

8. What are the different types of fuel? Give examples. What are the products of distillations of coal and mineral oil?

9. What is distillation? Give an account of the manufacture of coal gas by destructive distillation of coal. How is the gas purified from sulphuretted hydrogen? Name the by-products. [*H. S. Exam.* (*comp*) *1961*]

10. What do you understand by destructive distillation ? How does this process differ from ordinary distillation ?

Name the important products of destructive distillation of wood. From the aqueous byproducts how can you prepare two important organic compounds ?

Mention two uses of each of these compounds.

[*H. S. Exam. 1962*]

11. What is producer gas ? Give reasons to show that coal gas in not a producer gas.

Give examples of two forms of producer gas and state the chemical reactions involved in their preparation. Why they may be used as fuels ? [*H S Exam. (comp.) 1962*]

12. How does destructive distillation differ from ordinary distillation ? Describe how coal gas is prepared. How is it purified ? Name the by-products. [*H S. Exam 1963*]

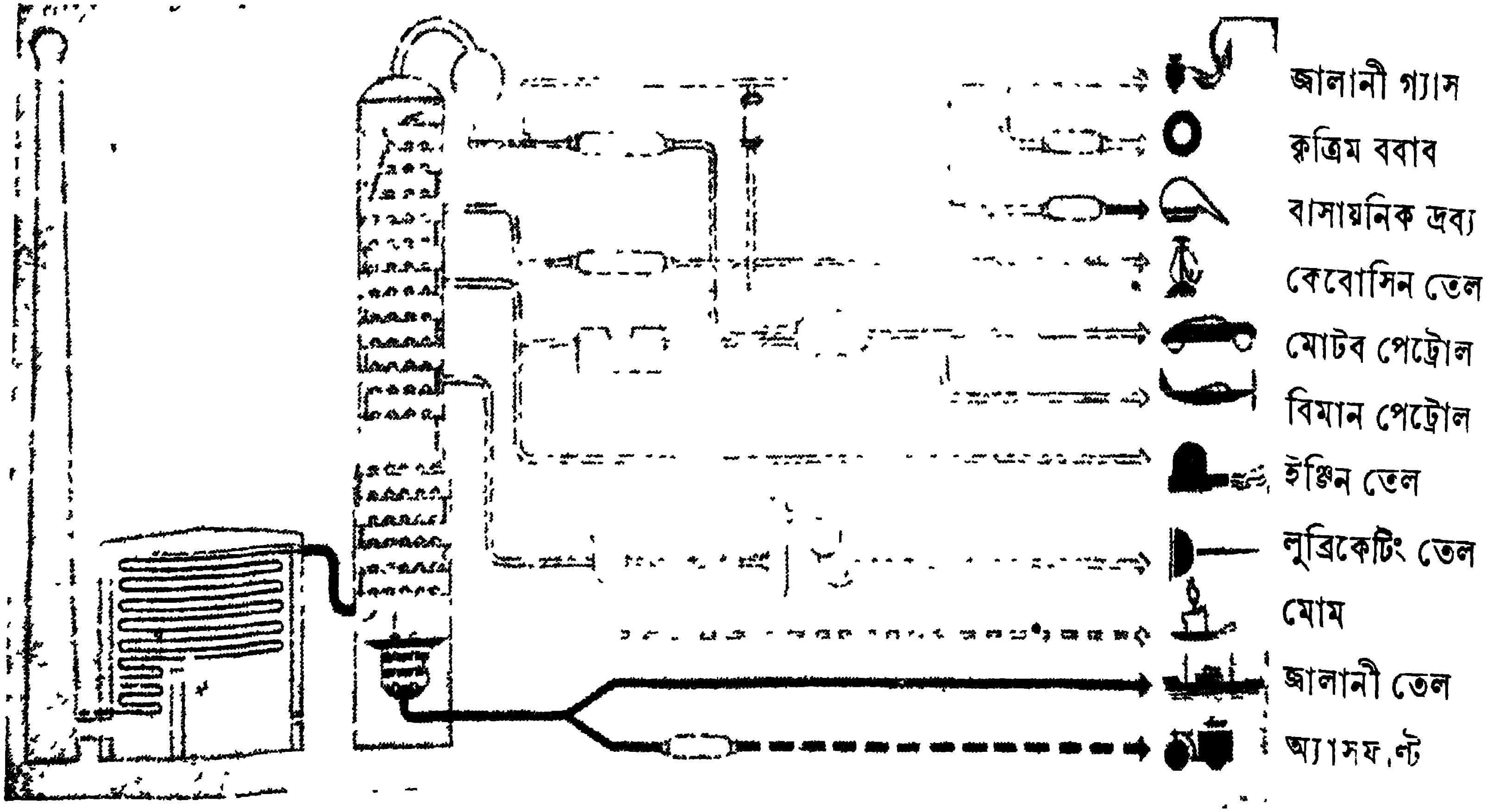
13. What are fuels ? How are they classified ? How are producer gas and water gas prepared ? How do they differ ? What are gasoline and kerosene ? How are they obtained ? State their uses. [*H S (comp) 1963*]

14 What do you mean by destructive distillation ? Describe the changes you observe when wood is subjected to destructive distillation. Name the products.

[*H S (comp) 1964*]

15 How does destructive distillation differ from ordinary distillation ? Explain why the former is called destructive Illustrate your answer.

Name the by-products in the manufacture of coal gas and state their uses. [*H. S. 1965*]



পেট্রোলিয়াম হইতে পাতন-ক্রিয়ার প্রাপ্ত দ্রব্যসমূহ

৩

কার্বন যৌগের গঠন, প্রকৃতি, উৎস এবং শ্রেণীবিভাগ

কার্বন, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন—মূলত এই চার রকম মৌলিক পদার্থ দ্বারা সমস্ত জৈব যৌগ গঠিত। কিন্তু এরূপ জৈব যৌগের সংখ্যা প্রায় দশ লক্ষ এবং কোন কোন যৌগের একটি মাত্র অণুতে কার্বনের সংখ্যা হাজারের উপরে হইতে পারে। কোন কোন বিশেষ ধরনের স্টার্চের ফর্মুলা $C_{1200}H_{2000}O_{1000}$, কি করিয়া চারিটি মাত্র মৌল এরূপ অগণিত ভিন্ন ধর্মের পদার্থ গঠন করে এবং কি করিয়া একটি মাত্র অণু বা মলিকুলে এত বিপুল সংখ্যক কার্বন পরমাণু সংযুক্ত থাকে তাহার কারণ ছিল জৈব রসায়নের এক পরম রহস্য। 1858 খ্রীষ্টাব্দে এই রহস্যের সমাধান করেন **কেকুল** (Kekule) নামে এক তরুণ জার্মান বিজ্ঞানী। তিনি বলেন, এরূপ রহস্যের কারণ জৈব পদার্থের অণুগুলির বিভিন্ন **আকৃতি, গঠন-কাঠামো** বা **স্ট্রাকচার** (structure) অর্থাৎ অণুর কাঠামোর অন্তর্ভূক্ত পরমাণুগুলির সংখ্যা ও বিন্যাস।

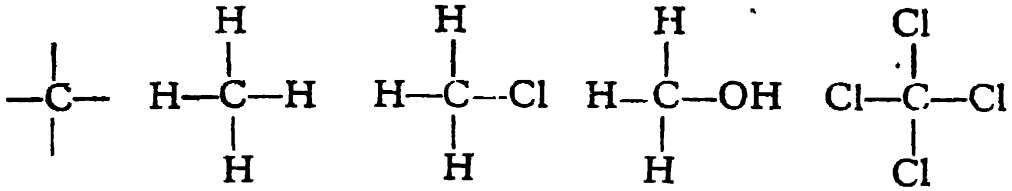
কেকুলের সূত্র (Kekule's theory)

কিভাবে জৈব যৌগের অণুগুলির আকৃতি বা কাঠামো গঠিত হয় তাহার একটি সরল সূত্র প্রকাশ করেন বিজ্ঞানী কেকুলে। বিজ্ঞানী ভ্যাণ্ট হফ (Vant Hoff) এবং লা বেল (La Bel) কেকুলের সূত্রের অপূর্ণতা সম্পূর্ণ করেন। এরূপ সূত্র হইতে জানা যায় :

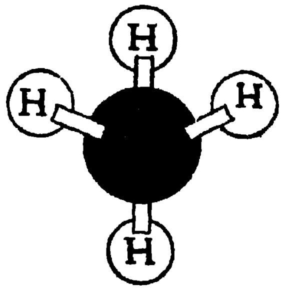
প্রথমত, জৈব যৌগে কার্বন পরমাণুর যোজ্যতা চার। এরূপ যৌগে একটি কার্বন পরমাণু একযোজী চারিটি হাইড্রোজেন বা ক্লোরিন পরমাণু বা চারিটি হাইড্রক্সিল মূলক—অথবা অনুরূপ যে কোন চারিটি একযোজী পরমাণু বা মূলকের সঙ্গে যুক্ত হইতে পারে , যেমন, CH_4, CCl_4, $CHCl_3$, CH_3OH ইত্যাদি।

আবার, একটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে দুইটি একযোজী এবং একটি দ্বিযোজী পরমাণু যুক্ত হইতে পারে। যেমন, কার্বনিল ক্লোরাইড—$COCl_2$, একটি কার্বন পরমাণু একটি একযোজী ও একটি তিনযোজী পরমাণুর সঙ্গেও যুক্ত হইতে পারে। যথা: HCN (হাইড্রোসিয়ানিক অ্যাসিড)।

'এক' যোজ্যতার একটি প্রতীকচিহ্ন প্রকাশ করা হয় একটি **বণ্ড** (bond বা **যোজক** (—) দ্বারা। সুতরাং কার্বনের চার যোজ্যতা ও সংযুক্তির আকৃতি প্রকাশ করা যায় এইভাবে :

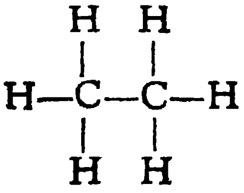


$$\begin{array}{c} | \\ -\mathrm{C}- \\ | \end{array} \quad \begin{array}{c} \mathrm{H} \\ | \\ \mathrm{H}-\mathrm{C}-\mathrm{H} \\ | \\ \mathrm{H} \end{array} \quad \begin{array}{c} \mathrm{H} \\ | \\ \mathrm{H}-\mathrm{C}-\mathrm{Cl} \\ | \\ \mathrm{H} \end{array} \quad \begin{array}{c} \mathrm{H} \\ | \\ \mathrm{H}-\mathrm{C}-\mathrm{OH} \\ | \\ \mathrm{H} \end{array} \quad \begin{array}{c} \mathrm{Cl} \\ | \\ \mathrm{Cl}-\mathrm{C}-\mathrm{Cl} \\ | \\ \mathrm{Cl} \end{array}$$



মিথেন

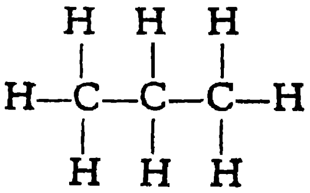
দ্বিতীয়ত, একাধিক কার্বন পরমাণু (এমন কি অগণিত সংখ্যায়) পরস্পরে সংযুক্ত হইয়া শিকলের ন্যায় দুই-মুখ-খোলা বা **মুক্ত-শৃংখল** (open chain) অথবা নির্দিষ্ট সংখ্যায় **আবদ্ধ** বা **সংবৃত্ত** কাঠামোয় (closed or cyclic) জৈব পদার্থের অণু গঠন করিতে পারে। যথা :



$$\begin{array}{c} \mathrm{H}\ \ \mathrm{H} \\ |\ \ \ | \\ \mathrm{H}-\mathrm{C}-\mathrm{C}-\mathrm{H} \\ |\ \ \ | \\ \mathrm{H}\ \ \mathrm{H} \end{array}$$

ইথেন

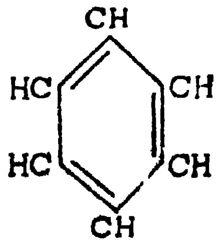
মুক্ত-শৃংখল যৌগ



$$\begin{array}{c} \mathrm{H}\ \ \mathrm{H}\ \ \mathrm{H} \\ |\ \ \ |\ \ \ | \\ \mathrm{H}-\mathrm{C}-\mathrm{C}-\mathrm{C}-\mathrm{H} \\ |\ \ \ |\ \ \ | \\ \mathrm{H}\ \ \mathrm{H}\ \ \mathrm{H} \end{array}$$

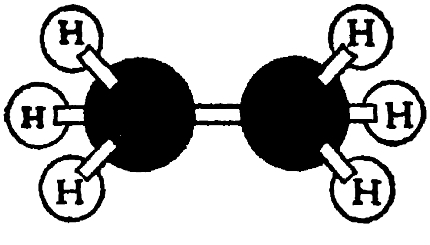
প্রোপেন

মুক্ত-শৃংখল যৌগ

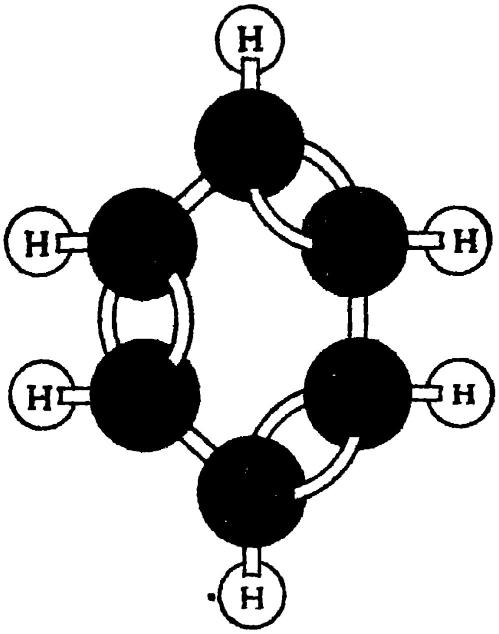


ষড়ভুজ-সংবৃত্ত

যৌগ বেঞ্জিন

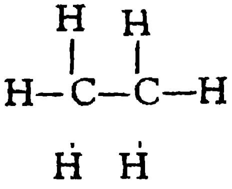


ইথেন



বেঞ্জিন

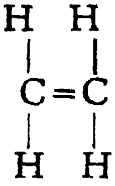
তৃতীয়ত, দুইটি পরস্পর সংলগ্ন কার্বন পরমাণু এক যোজ্যতা, দুই যোজ্যতা বা তিন যোজ্যতা অর্থাৎ এক যোজক (single bond), দুই যোজক (double bond) বা তিন যোজক (triple bond) দ্বারা যুক্ত হইতে পারে। যথা :



$$\begin{array}{ccccc} & H & & H & \\ & | & & | & \\ H- & C & - & C & -H \\ & | & & | & \\ & H & & H & \end{array}$$

ইথেন

কার্বনের এক যোজক বা এক-বণ্ড যৌগ (সম্পৃক্ত যৌগ) (Saturated compound)



$$\begin{array}{ccc} H & & H \\ | & & | \\ C & = & C \\ | & & | \\ H & & H \end{array}$$

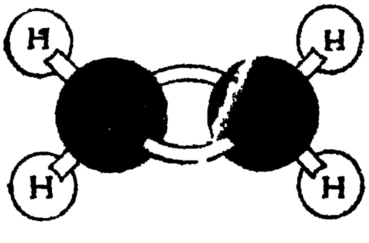
ইথিলিন

কার্বনের দুই যোজক বা দুই-বণ্ড যৌগ (অসম্পৃক্ত যৌগ) (Unsaturated compound)

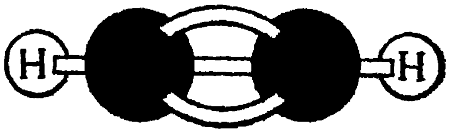
$H-C\equiv C-H$

অ্যাসিটিলিন

কার্বনের তিন যোজক বা তিন-বণ্ড যৌগ (অসম্পৃক্ত যৌগ) (Unsaturated compound)



ইথিলিন



অ্যাসিটিলিন

সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত যৌগ

(Saturated and Unsaturated Compound)

কার্বনের যোজ্যতা চার। এই চারিটি যোজ্যতা কার্বন যৌগের কাঠামো বা স্ট্রাকচারে সাধারণত চারিটি যোজক বা বণ্ড দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এই চারিটি বণ্ড বা যোজক দুইটি এক যোজক বা বণ্ড এবং একটি দুই যোজক বা বণ্ড অথবা একটি এক যোজক এবং একটি তিন যোজক বা বণ্ড দ্বারাও চিহ্নিত করা যায়।

সম্পৃক্ত যৌগ (Saturated compound) **: যে জৈব যৌগে কার্বনের চারিটি যোজ্যতা চারিটি যোজক বা বণ্ড দ্বারা প্রকাশ করা হয় সেরূপ যৌগকে বলা হয় সম্পৃক্ত যৌগ বা স্যাচুরেটেড কম্পাউণ্ড।** অর্থাৎ, যে যৌগের গঠনে কার্বনের চারিটি যোজ্যতা পরিপূর্ণ থাকে সেরূপ যৌগকে সম্পৃক্ত যৌগ বলা হয়।

অসম্পৃক্ত যৌগ (Unsaturated Compound) **: যে জৈব যৌগে কার্বনের চারিটি যোজ্যতা দুইটি এক-যোজক এবং একটি দুই-যোজক বা বণ্ড অথবা একটি এক যোজক এবং একটি তিন যোজক বা বণ্ড দ্বারা প্রকাশ করা হয় সেই যৌগকে বলা হয় অসম্পৃক্ত যৌগ বা আনস্যাচুরেটেড কম্পাউণ্ড।** অর্থাৎ, যে যৌগ গঠনে কার্বনের চারিটি যোজ্যতা আংশিক পূর্ণ তথা সমগ্রভাবে অপরিপূর্ণ থাকে তাহাকে অসম্পৃক্ত যৌগ বলা হয়।

উপরে বর্ণিত উদাহরণে মিথেন বা ইথেন সম্পৃক্ত যৌগ কিন্তু ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন ও বেঞ্জিন অসম্পৃক্ত যৌগ। [ফর্মূলা পূর্ব পৃষ্ঠায় দ্রষ্টব্য]

জৈব যৌগের শ্রেণী বিভাগ

(Classification of Organic compounds)

জৈব যৌগের সংখ্যা অগণিত হইলেও ইহারা সুনির্দিষ্ট এবং সুশৃঙ্খলভাবে বিভিন্ন শ্রেণীতে বিভক্ত। সমস্ত জৈব যৌগ প্রধানত দুইটি মূল শ্রেণীতে বিভক্ত—

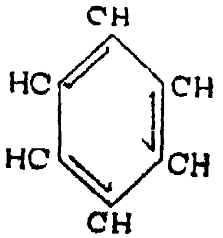
(ক) একটি শ্রেণীর নাম **মুক্ত-শৃংখল যৌগ** তথা **'ওপেন চেইন কম্পাউণ্ডস'** (Open Chain compounds) অথবা **অ্যালিফ্যাটিক যৌগ** (Aliphatic compounds)।

(খ) অপর শ্রেণীর নাম **সংবৃত্তাকার** বা **আবদ্ধ** (closed) তথা **সাইক্লিক** (cyclic) **যৌগ অথবা** সাধারণত **অ্যারোমেটিক যৌগ** (Aromatic compounds)। যথা :

$$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$$

হেকসেন

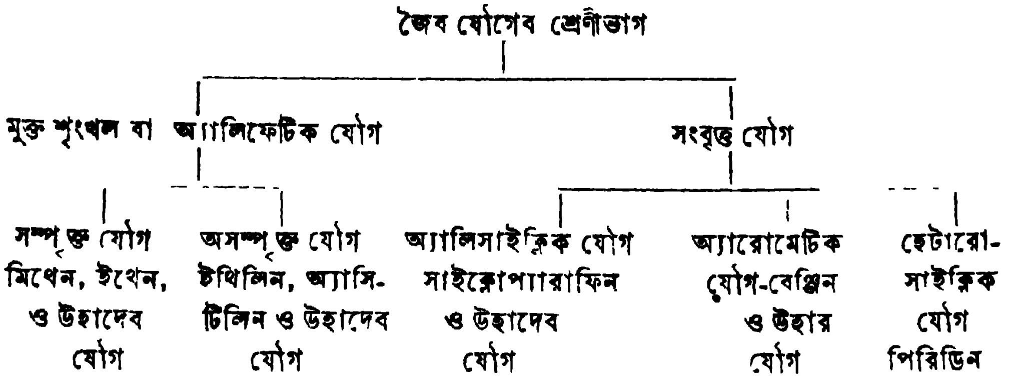
একটি মুক্ত-শৃংখল যৌগ বা অ্যালিফ্যাটিক যৌগ



বেঞ্জিন

একটি সংবৃত্ত বা অ্যারোমেটিক যৌগ

মিথেন, ইথেন, প্রোপেন, ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন ইত্যাদি মুক্ত-শৃংখল অথবা অ্যালিফেটিক যৌগ। এই মুক্ত-শৃংখল বা অ্যালিফেটিক যৌগ আবার সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত যৌগে বিভক্ত। মিথেন ও ইথেন সম্পৃক্ত যৌগের উদাহরণ এবং ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিন অসম্পৃক্ত যৌগের উদাহরণ। আবদ্ধ বা সংবৃক্ত যৌগের উদাহরণ বেঞ্জিন। এই বেঞ্জিন অ্যারোমেটিক শ্রেণীভুক্ত।


জৈব যৌগের শ্রেণীভাগ
মুক্ত শৃংখল বা অ্যালিফেটিক যৌগ
সংবৃত্ত যৌগ
সম্পৃক্ত যৌগ মিথেন, ইথেন, ও উহাদের যৌগ
অসম্পৃক্ত যৌগ ইথিলিন, অ্যাসি-টিলিন ও উহাদের যৌগ
অ্যালিসাইক্লিক যৌগ সাইক্লোপ্যারাফিন ও উহাদের যৌগ
অ্যারোমেটিক যৌগ-বেঞ্জিন ও উহার যৌগ
হেটারো-সাইক্লিক যৌগ পিরিডিন

ল্যাটিন ভাষার চর্বিযুক্ত পদার্থকে অ্যালিফেটিক এবং গন্ধযুক্ত পদার্থকে অ্যারোমেটিক বলা হয়। চর্বিযুক্ত পদার্থে অনেক মুক্ত-শৃংখল জৈব যৌগ পাওয়া যায়। অ্যারোমেটিক ষড়ভুজ বৃত্তাকার যৌগগুলিতে একরকম গন্ধ পাওয়া যায় বলিয়া ইহাদের নাম অ্যারোমেটিক রাখা হয়। কিন্তু বর্তমানে এরূপ নামের বিশেষ কোন তাৎপর্য নাই।

জৈব মূলক (Organic Radical)

জৈব যৌগ অধিকাংশ ক্ষেত্রেই কার্বন ও হাইড্রোজেনের সংযোগে গঠিত। এরূপ যৌগকে সাধারণভাবে **হাইড্রো-কার্বন** বলা হয়। মিথেন (CH_4) ও বেঞ্জিন (C_6H_6) যৌগ এরূপ বিভিন্ন হাইড্রোকার্বনের প্রাথমিক বা মূল যৌগ। সাধারণত বিভিন্ন জৈব যৌগ মূলত এই হাইড্রোকার্বন যৌগের **সঞ্জাত যৌগ** (Derivatives), হাইড্রোকার্বনের এক একটি হাইড্রোজেন পরমাণু হাইড্রক্সিল ($-OH$), ক্লোরাইড ($-Cl$), সায়ানাইড ($-CN$), অ্যামাইনো ($-NH_2$) ইত্যাদি **মূলক** (Radical) দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া হাইড্রোকার্বনের বিভিন্ন সঞ্জাত যৌগ বা ডেরিভেটিভস্ তৈরী হয়। উদাহরণ-স্বরূপ বলা যায় নিম্নলিখিত জৈব যৌগগুলি হাইড্রোকার্বন যৌগ মিথেনের সঞ্জাত যৌগ বা ডেরিভেটিস্। যথা :

মিথেন (মূল)	মিথাইল ক্লোরাইড	মিথাইল সায়ানাইড	মিথাইল অ্যামিন
CH_4	CH_3Cl	CH_3CN	CH_3NH_2

মিথেনের এই সঞ্জাত যৌগগুলির গঠন-পদ্ধতি লক্ষ্য করিলে দেখা যায় যে এই সঞ্জাত যৌগগুলির প্রত্যেকটির মধ্যে CH_3-গ্রুপ বা মূলকটি বর্তমান।

অরগ্যানিক র‍্যাডিক্যাল : **অন্তত একটি কার্বন-পরমাণুসহ একাধিক কোন মৌল দ্বারা গঠিত যে সকল পরমাণুপুঞ্জ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অপরিবর্তিত থাকে এবং যাহা একাধিক জৈব যৌগে বর্তমান থাকিতে দেখা যায় সেরূপ পরমাণুপুঞ্জকে জৈব-মূলক বা অরগ্যানিক র‍্যাডিক্যাল** (organic radical) **বলা হয়।**

CH_3 পরমাণুপুঞ্জ এরূপ একটি জৈব মূলক। ইহা মিথেন যৌগ হইতে উদ্ভূত বলিয়া ইহাকে বলা হয় **মিথাইল মূলক** (Methyl radical)। কয়েকটি জৈব মূলক এবং সঞ্জাত যৌগের তথা ডেরিভেটিভসের উদাহরণ :

মূল হাইড্রোকার্বন	জৈব মূলক বা র‍্যাডিক্যাল	সঞ্জাত ক্লোরাইড যৌগ	সঞ্জাত অ্যামিন	সঞ্জাত অ্যালকোহল
মিথেন CH_4	মিথাইল মূলক CH_3^-	মিথাইল ক্লোরাইড CH_3Cl	মিথাইল অ্যামিন CH_3NH_2	মিথাইল অ্যালকোহল CH_3OH
ইথেন C_2H_6	ইথাইল মূলক $C_2H_5^-$	ইথাইল ক্লোরাইড C_2H_5Cl	ইথাইল অ্যামিন $C_2H_5NH_2$	ইথাইল অ্যালকোহল C_2H_5OH
প্রোপেন C_3H_8	প্রোপাইল মূলক $C_3H_7^-$	প্রোপাইল ক্লোরাইড C_3H_7Cl	প্রোপাইল অ্যামিন $C_3H_7NH_2$	প্রোপাইল অ্যালকোহল C_3H_7OH
বেঞ্জিন C_6H_6	ফিনাইল মূলক $C_6H_5^-$	ক্লোরো-বেঞ্জিন C_6H_5Cl	অ্যামিনো বেঞ্জিন বা অ্যানিলিন $C_6H_5NH_2$	হাইড্রোক্সি বেঞ্জিন বা ফিনল C_6H_5OH

কারকপুঞ্জ বা ফাংশনাল গ্রুপ (Functional Group)

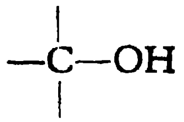
মিথাইল অ্যালকোহল (CH_3OH) মিথাইল মূলক ($-CH_3$) এবং হাইড্রক্সিল গ্রুপ ($-OH$) সংযোগে গঠিত। জৈব যৌগে মিথাইল (CH_3-) ইথাইল ($C_2H_5^-$) ইত্যাদি হাইড্রোকার্বন মূলক ব্যতীত অন্য প্রকার মূলকও বর্তমান থাকে। যথা : হাইড্রোক্সিল ($-OH$), কার্বক্সিল ($-COOH$), অ্যালডিহাইড ($-CHO$), কার্বনিল ($-CO$) ইত্যাদি।

ফাংশনাল গ্রুপ : হাইড্রোকার্বন মূলকের সঙ্গে যে সকল মূলক যুক্ত থাকে সেই সকল মূলকের উপরে জৈব যৌগের ক্রিয়া ও ধর্ম নির্ভর করে বলিয়া ইহাদের কারকপুঞ্জ বা ফাংশনাল গ্রুপ (Functional group) বলা হয়।

মিথাইল অ্যালকোহলে (CH_3OH) হাইড্রোকসিল মূলক (OH) এরূপ **কারকপুঞ্জ বা ফাংশনাল গ্রুপ**। এরূপ ফাংশনাল গ্রুপ ($-OH$) জৈব যৌগের ধর্ম ও প্রকৃতি নির্ণয় করে।

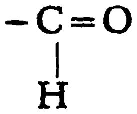
বিভিন্ন জৈব যৌগের ধর্ম বা প্রকৃতি নির্ভর করে এরূপ ফাংশনাল গ্রুপের গঠনেব উপরে। বিভিন্ন ফাংশনাল গ্রুপের জন্য জৈব যৌগের প্রকৃতি বিভিন্ন হয়। সাধারণত বিভিন্ন কারকপুঞ্জ বা ফাংশনাল গ্রুপ অনুযায়ী জৈব যৌগ বিভিন্ন শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয়। এরূপ ফাংশনাল গ্রুপের ভিত্তিতে শ্রেণীবদ্ধ করিয়া জৈব রসায়নের অনুধাবন সহজসাধ্য। কয়েকটি প্রধান ফাংশনাল গ্রুপ এবং এরূপ গ্রুপ অনুযায়ী জৈব যৌগের শ্রেণী বিভাগেব কয়েকটি উদাহরণ নিচে দেওয়া হইল।

1. **অ্যালকোহলিক গ্রুপ** (Alcoholic Group) :

ফর্মুলা :  $-\overset{|}{\underset{|}{C}}-OH$; এখানে হাইড্রোকসিল মূলক (OH) ফাংশনাল গ্রুপ। এরূপ হাইড্রোকসিল গ্রুপ যুক্ত জৈব যৌগকে সাধারণত **অ্যালকোহল** শ্রেণীর জৈব যৌগ বলিয়া আখ্যা দেওয়া হয়। যথা :

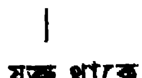
মিথাইল অ্যালকোহল (CH_3OH), ইথাইল অ্যালকোহল (C_2H_5OH)

2. **অ্যালডিহাইড গ্রুপ** (Aldehyde Group)

ফর্মুলা :  $-\underset{\substack{|\\ H}}{C}=O$ বা $-CHO$,

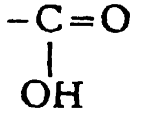
যে যৌগে এরূপ ($-CHO$) ফাংশনাল গ্রুপ বর্তমান থাকে সেরূপ যৌগকে বলা হয় **অ্যালডিহাইড** (Aldehyde)। যথা : ফরম্যালডিহাইড ($H-CHO$), অ্যাসিট্যালডিহাইড (CH_3CHO)।

3. **কার্বনিল গ্রুপ** (Carbonyl group)

ফর্মুলা :  $-\underset{|}{C}=O$ বা $-CO-$, এরূপ কার্বনিল গ্রুপের সঙ্গে হাইড্রোজেন যুক্ত থাকে না কিন্তু ইহার কার্বনের অন্য যোজক বা বণ্ড দুইটির সঙ্গে দুইটি জৈবমূলক যুক্ত হইতে পারে। R যদি হয় এরূপ জৈব মূলকের প্রতীক

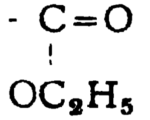
তবে এরূপ যৌগের সাধারণ ফর্মূলা হইবে: R—CO—R; এরূপ জৈব যৌগকে বলা হয় **কিটোন** (Ketone)। যথা: ডাই-মিথাইল কিটোন বা অ্যাসিটোন ($CH_3-CO-CH_3$), মিথাইল ইথাইল কিটোন ($CH_3-CO-C_2H_5$),

4. **কার্বক্সিল গ্রুপ** (Carboxyl Group)



ফর্মূলা: $-\underset{\underset{\displaystyle OH}{|}}{C}=O$ বা $-COOH$, এরূপ ফাংশনাল গ্রুপে কার্বনিল গ্রুপের সঙ্গে যুক্ত থাকে একটি হাইড্রোক্সিল গ্রুপ। তাই ইহাকে বলা হয় **কার্বক্সিল গ্রুপ:** কার্বনের অবশিষ্ট যোজক বা বণ্ডের সঙ্গে হাইড্রোজেন বা কোন জৈব মূলক যুক্ত হইয়া যে যৌগ গঠিত হয় তাহাকে বলা হয় **জৈব অ্যাসিড** (organic acid)। যথা: ফরমিক অ্যাসিড ($H-COOH$), অ্যাসিটিক অ্যাসিড (CH_3-COOH)

5. **কার্ব-ইথোকসি গ্রুপ** (Carb-ethoxy Group)



ফর্মূলা: $-\underset{\underset{\displaystyle OC_2H_5}{|}}{C}=O$ বা $-CO-OC_2H_5$, এরূপ গ্রুপে কার্বনিল গ্রুপের সঙ্গে ($-CO-$) ইথোকসি গ্রুপ ($-OC_2H_5$) যুক্ত থাকে। কার্বনের অবশিষ্ট যোজক বা বণ্ডের সঙ্গে কোন জৈবমূলক যুক্ত হইয়া **এস্টার** (Ester) শ্রেণীর যৌগ গঠন করে। যথা: ইথাইল এস্টার ($CH_3-COOC_2H_5$) বা, ইথাইল এসিটেট (Ethyl acetate)।

ফাংশনাল গ্রুপের চার্ট

ফাংশনাল গ্রুপ	জৈব যৌগের শ্রেণী	উদাহরণ
1 হাইড্রোকসিল : $-OH$	অ্যালকোহল	মিথাইল অ্যালকোহল : CH_3-OH
2 অ্যালডিহাইড : $-CHO$	অ্যালডিহাইড	অ্যাসিট অ্যালডিহাইড : CH_3-CHO
3. কিটোন : $-CO-$	কিটোন	ডাইমিথাইল কিটোন : $CH_3-CO-CH_3$
4. কার্বকসিল : $-COOH$	অ্যাসিড	অ্যাসিটিক অ্যাসিড : CH_3-COOH
5 কার্ব-ইথোকসি : $-COOC_2H_5$	এস্টার	ইথাইল অ্যাসিটেট বা এস্টার : $CH_3-CO-OC_2H_5$

হোমোলোগাস সিরিজ বা সমগণীয় সারি
(Homologous Series)

কার্বন ও হাইড্রোজেনের যৌগের নাম হাইড্রোকার্বন। মিথেন (CH_4) এরূপ একটি হাইড্রোকার্বন যৌগ। মিথেনের চেয়ে অধিকতর কার্বন ও হাইড্রোজেন সংখ্যার আরও অনেক হাইড্রোকার্বন যৌগ বর্তমান। সেইরূপ অ্যালকোহলের সংখ্যাও অনেক। প্রত্যেক শ্রেণীর জৈব যৌগের সংখ্যা বহু। কিন্তু এক এক শ্রেণীর যৌগগুলির গঠনের এক বিশেষ রকম শৃংখলা দেখা যায়। এক এক উচ্চতর যৌগগুলিতে কার্বন সংখ্যা একটি একটি করিয়া বৃদ্ধি পায় এবং পর পর সংখ্যার দুইটি যৌগের মধ্যে পার্থক্য দেখা যায় মাত্র **একটি কার্বন ও দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুর** (CH_2)।

হোমোলোগাস সিরিজ (Homologous series) : একই পরিবার বা শ্রেণীভুক্ত জৈব যৌগগুলিকে কার্বন পরমাণুর ক্রমবর্ধমান সংখ্যা অনুযায়ী যদি পরপর সারিবদ্ধ করা যায় এবং যদি দেখা যায় যে পরপর সংলগ্ন দুইটি যৌগের মধ্যে পরমাণুর সংখ্যার পার্থক্য শুধু একটি কার্বন ও দুইটি হাইড্রোজেন তথা CH_2 দ্বারা নির্দিষ্ট, তাহা হইলে সেই শ্রেণীর সমস্ত যৌগকে পরস্পরের হোমোলোগাস বা সমগণীয় বলা হয় এবং এরূপ সমগ্র জৈব যৌগের শ্রেণীটিকে বলা হয় হোমোলোগাস সিরিজ বা সমগণীয় সিরিজ (Homologous series)।

এরূপ সমগণীয় বা হোমোলোগাস সিরিজের কয়েকটি উদাহরণ :

হাইড্রোকার্বন	ফর্মুলা	পার্থক্য
মিথেন	CH_4	
ইথেন	C_2H_6	CH_2
প্রোপেন	C_3H_8	CH_2
বিউটেন	C_4H_{10}	CH_2
পেনটেন	C_5H_{12}	CH_2
হেকসেন	C_6H_{14}	CH_2
হেপটেন	C_7H_{16}	CH_2

অ্যাল্‌কোহল	**ফর্মুলা**	**পার্থক্য**
মিথাইল অ্যালকোহল	CH_3OH	—
ইথাইল অ্যালকোহল	C_2H_5OH	CH_2
প্রোপাইল অ্যালকোহল	C_3H_7OH	CH_2
বিউটাইল অ্যালকোহল	C_4H_9OH	CH_2
অ্যামাইল অ্যালকোহল	$C_5O_{11}OH$	CH_2

অ্যাসিড	**ফর্মুলা**	**পার্থক্য**
ফরমিক অ্যাসিড	$HCOOH$	—
অ্যাসিটিক অ্যাসিড	CH_3COOH	CH_2
প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড	C_2H_5COOH	CH_2
বিউটাইরিক অ্যাসিড	C_3H_7COOH	CH_2

সমগণীয় বা হোমোলোগাস পদার্থের বৈশিষ্ট্য

জৈব পদার্থগুলি হেমোলোগাস বা সমগণীয়ভাবে শ্রেণীবদ্ধ করা যায় বলিয়া জৈব যৌগের সংখ্যা অগণিত হওয়া সত্ত্বেও ইহাদের প্রকৃতির ও ধর্মের পরিচয় সন্ধান করা খুবই সরল ও সহজসাধ্য। হোমোলোগাস বা সমগণীয় শ্রেণীর যৌগগুলি পরস্পরে বিশেষভাবে সমধর্মী এবং ইহাদের ভৌত ধর্মের পার্থক্যও অত্যন্ত সুশৃংখল। এক একটি সমগণীয় সারিতে দেখা যায়:

1. রাসায়নিক প্রকৃতিতে পর পর সংলগ্ন সমগণ বা হোমোলোগাস সারির যৌগগুলি সমধর্মী এবং ইহাদের পরমাণু সংখ্যার পার্থক্য: CH_2
2. একই রাসায়নিক পদ্ধতিতে বিভিন্ন সমগণ-যৌগ (homologue) প্রস্তুত করা যায়।
3. সমগণের আণবিক গুরুত্ব (mol. wt.) যত বৃদ্ধি পায় উচ্চতর যৌগের রাসায়নিক সক্রিয়তা তত হ্রাস পায়।
4. আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে সমগণের গলনাংক (M.P.), স্ফুটনাংক (B.P.) ও ঘনত্ব (Density) বৃদ্ধি পায় এবং দ্রবণীয়তা হ্রাস পায়।
5. অ্যালিফ্যাটিক শ্রেণীর উচ্চতম যৌগগুলি ধর্মে মোমের মত এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে বিশেষভাবে নিষ্ক্রিয়।

জৈব রসায়নকে তাই অনেক সময় সমগণীয় সারির তথা হোমোলোগাস সিরিজের রসায়নও (Chemistry of Homologous Series) বলা হয়।

আইসোমার ও আইসোমারিজম্

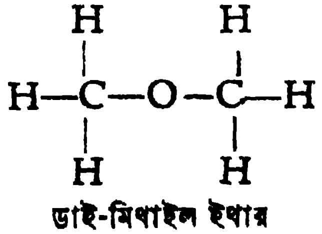
(Isomer and Isomerism)

শুধুমাত্র আণবিক ফর্মুলা (molecular formula) দ্বারা জৈব যৌগের স্বরূপ নির্ণয় করা যায় না। C_2H_6O—এই ফর্মুলায় দুই রকম পদার্থ পাওয়া যায়। একটির নাম ইথাইল অ্যালকোহল। ইহা তরল। অপরটি নাম ডাই-মিথাইল-ইথার। ইহা সাধারণ উষ্ণতায় গ্যাসীয়। এরূপ $C_8H_{12}O_4$—এই ফর্মুলাটি দ্বারা 66 রকম ধর্মের জৈব যৌগের আণবিক ফর্মুলার পরিচয় দেওয়া যায়। C_5H_{12}—এই ফর্মুলা দ্বারা তিনটি, এবং C_9H_{20}—ইহা দ্বারা পঁয়ত্রিশটি বিভিন্ন জৈব যৌগের পরিচয় দেওয়া যায়। অজৈব যৌগের মধ্যে সাধারণত একই আণবিক ফর্মুলায় এরূপ একাধিক যৌগ গঠন সম্ভব নয়। অজৈব যৌগের (জটিল যৌগ ছাড়া) একরকম পদার্থের জন্য একটি মাত্র আণবিক ফর্মুলা বর্তমান। H_2SO_4—এই আণবিক ফর্মুলায় একমাত্র সালফিউরিক অ্যাসিড বোঝায়।

আইসোমারিজম্ (Isomerism) : জৈব যৌগের ক্ষেত্রে একই আণবিক ফর্মুলায় বিভিন্ন ধর্মের একাধিক যৌগ গঠনের রাসায়নিক বৈশিষ্ট্যকে আইসোমারিজম্ (Isomerism) বা সমাংশধর্ম বলা হয় এবং একটি ফর্মুলায় গঠিত বিভিন্ন ধর্মবিশিষ্ট যৌগগুলিকে আইসোমার (Isomer) বা সমাংশ বলা হয়। 'আইসো' অর্থ 'সম' 'মোরাস' অর্থ 'অংশ'।

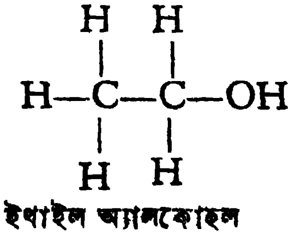
জৈব অণুর কাঠামোয় পরমাণুর গঠন সংযুক্তির পার্থক্যের জন্য এরূপ আইসোমার গঠন সম্ভব হয়।

C_2H_6O—এরূপ আণবিক ফর্মুলায় দুই রকম যৌগ গঠিত হইতে পারে। একটি ডাই-মিথাইল-ইথার। ইহা গ্যাস এবং ইহার স্ফুটনাংক 23·6°C. সোডিয়ামের সঙ্গে ইহা বিক্রিয়া ঘটাইতে অক্ষম। পক্ষান্তরে সম ফর্মুলার ইথাইল অ্যালকোহল তরল পদার্থ এবং ইহার স্ফুটনাংক 78·5°C। ইহা সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইতে সক্ষম। কেকুলের সূত্র অনুযায়ী এরূপ আইসোমার যৌগ দুইটির গঠন বা স্ট্রাকচার লেখা যায় :



$$\begin{array}{ccccccccc} & & H & & & & H & & \\ & & | & & & & | & & \\ H & - & C & - & O & - & C & - & H \\ & & | & & & & | & & \\ & & H & & & & H & & \end{array}$$

ডাই-মিথাইল ইথার



$$\begin{array}{ccccccc} & & H & & H & & \\ & & | & & | & & \\ H & - & C & - & C & - & OH \\ & & | & & | & & \\ & & H & & H & & \end{array}$$

ইথাইল অ্যালকোহল

জৈব যৌগের উৎস (Sources of Organic compounds) : জৈব যৌগ সাধারণত প্রাকৃতিক পদার্থ হইতে পাওয়া যায় অথবা রসায়নাগারে কৃত্রিম ভাবে সংশ্লেষণী পদ্ধতিতে প্রস্তুত কবা হয়। প্রাকৃতিক উৎসের মধ্যে উদ্ভিদ, জীব, কাঠ কয়লা, পেট্রোলিয়াম ইত্যাদি পদার্থের মধ্যে বিভিন্ন জৈব যৌগ পাওয়া যায়। এই সব পদার্থগুলির মূলত জটিল। কিন্তু ইহাদের অন্তর্ধূম পাতনেব ফলে এরূপ জটিল যৌগ ভাঙ্গিয়া অগণিত সরল যৌগ গঠিত হয়। সংশ্লেষণী পদ্ধতিতে বসায়নাগারেও এখন অগণিত জৈব যৌগ প্রস্তুত করা সম্ভব।

Questions to be discussed

1. State in outlines Kekule's theory of the formation of organic compounds. Give examples.

2. How are organic compounds classified ? Give one example

3 What is a homologous series ? What are the characteristic features of a homologous series ?

4 What is isomerism ? Give example of two isomers

5 Define organic radical and Functional group Give examples. What are the sources of the organic compounds ?

6 Write what you know about the following :—

(*a*) Homologous series, (*b*) Saturated and unsaturated compounds Illustrate you answer with examples.

[*H S Exam. 1963*]

৪

প্যারাফিন বা সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন

কার্বন ও হাইড্রোজেনের যৌগকে হাইড্রো-কার্বন বলা হয়। ইহারা জৈব যৌগের আদি পদার্থ। অ্যালকোহল, অ্যালডিহাইড, কিটোন, অ্যাসিড ইত্যাদি শ্রেণীর জৈব যৌগকে হাইড্রোকার্বনের সংজাত যৌগ বা ডেরিভেটিভস্ (Derivatives) বলা হয়। হাইড্রোকার্বন প্রধানত অ্যালিফেটিক ও অ্যারোমেটিক শ্রেণীতে বিভক্ত। মিথেন অ্যালিফেটিক শ্রেণীর এবং বেঞ্জিন অ্যারোমেটিক শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত।

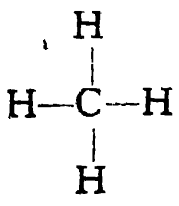
হাইড্রো-কার্বন সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত দুই রকম হইতে পারে। সম্পৃক্ত হাইড্রো-কার্বন (Saturated Hydro-carbon) যৌগে কার্বনের চারিটি যোজ্যতাই সম্পৃক্ত থাকে। **অ্যালিফেটিক বা মুক্তশৃংখল সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনকে প্যারাফিন** (Paraffin) **বলা হয়। প্যারাফিন অর্থ অনাসক্ত, কারণ সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন যৌগ অত্যন্ত নিষ্ক্রিয়। অসম্পৃক্ত অলিফিন জাতীয়** (olefin) **হাইড্রোকার্বনকে অ্যালকেন** (alkene) বলা হয়। অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনে কার্বনের যোজ্যতা অসম্পৃক্ত থাকে। অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের তাই হাইড্রোজেনের সংখ্যা কম। দুই যোজক বা বণ্ড যুক্ত (double bond) অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনকে **ইথিলিন গোষ্ঠী** (Ethylene family) বা **অলিফাইন** (Olefines) বলা হয়। তিন যোজক বা বণ্ড যুক্ত (triple bond) অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনকে বলা হয় **অ্যাসিটিলিন-গোষ্ঠী** (Acetylene family)।

1. এক যোজক বা বণ্ডযুক্ত সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন তথা প্যারাফিন :

সাধারণ ফর্মুলা : C_nH_{2n+2}

উদাহরণ :

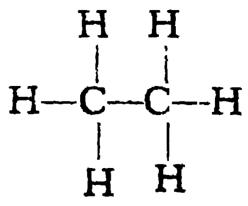
মিথেন—CH_4
ইথেন—C_2H_6
প্রোপেন—C_3H_8
বিউটেন—C_4H_{10}



$$\begin{array}{ccc} & H & \\ & | & \\ H- & C & -H \\ & | & \\ & H & \end{array}$$

মিথেন

(CH_4)



$$\begin{array}{cccc} & H & H & \\ & | & | & \\ H- & C- & C & -H \\ & | & | & \\ & H & H & \end{array}$$

ইথেন

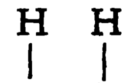
(C_2H_6)

2. দুই যোজক বা বণ্ড তথা দ্বিবন্ধযুক্ত অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন তথা ইথিলিনস বা অ্যালকেনস :

সাধারণ ফর্মুলা—C_nH_{2n}

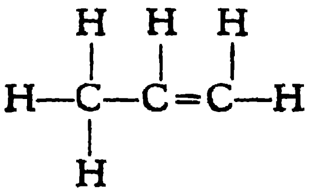
উদাহরণ :

ইথিলিন—C_2H_4
প্রোপিলিন—C_3H_6
বিউটিলিন—C_4H_8
অ্যামিলিন—C_5H_{10}



$H-\overset{\overset{H}{|}}{C}=\overset{\overset{H}{|}}{C}-H$

ইথিলিন
(C_2H_4)



$H-\underset{\underset{H}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}-\overset{\overset{H}{|}}{C}=\overset{\overset{H}{|}}{C}-H$

প্রপিলিন
(C_3H_6)

3. তিন যোজক বা বণ্ড তথা ত্রিবন্ধযুক্ত অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন তথা অ্যাসিটিলিনস্ :

সাধারণ ফর্মুলা : C_nH_{2n-2} $H-C\equiv C-H$
অ্যাসিটিলিন

উদাহরণ :

অ্যাসিটিলিন : $CH\equiv CH$ (C_2H_2)
মিথাইল-অ্যাসিটিলিন : $CH_3-C\equiv CH$
ইথাইল অ্যাসিটিলিন : $C_2H_5-C\equiv CH$
প্রোপাইল অ্যাসিটিলিন : $C_3H_7-C\equiv CH$

সমগণীয় সারি : পর পর দুইটি সম্পৃক্ত বা অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন যৌগের মধ্যে কার্বন ও হাইড্রোজেনের সংখ্যার ব্যবধান CH_2 ; তাই, ইহারা এক একটি সমগণীয় সারি (Homologous series); অর্থাৎ সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের এক একটি শ্রেণী এক একটি সমগণীয় সারি বা হোমোলোগাস সিরিজ। ইহারাই অ্যালিফ্যাটিক শ্রেণীর অ্যাল্‌কোহল, অ্যালডিহাইড, কিটোন, অ্যাসিড ইত্যাদি যৌগের মূল উপাদান।

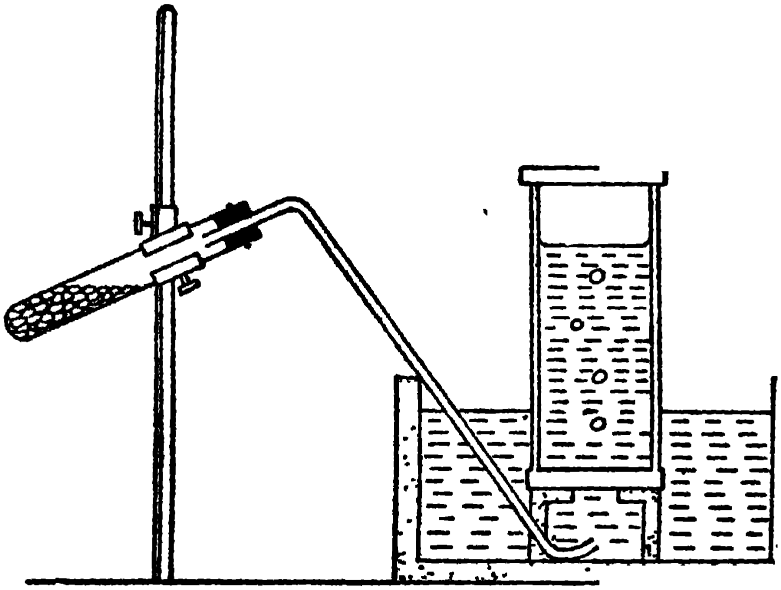
অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের কার্বন পরমাণুর সংখ্যা সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের সমান ; কিন্তু অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেনের সংখ্যা কম। তাই, ইহারা অন্যান্য যৌগের সঙ্গে যুক্ত হইয়া যুত-যৌগ (additive compound) গঠন করিতে পারে।

1. সম্পৃক্ত হাইড্রো-কার্বন—মিথেন (CH_4)

(Saturated Hydrocarbon)

পচা উদ্ভিদপূর্ণ বদ্ধ জলাশয়ের কাদা নাড়িয়া দিলে যে গ্যাসটি উৎপন্ন হইতে দেখা যায় এবং মাঝে মাঝে যে-গ্যাসটি জ্বলিয়া উঠিয়া আলেয়ার সৃষ্টি করে তার নাম **মার্স গ্যাস** বা **মিথেন** (**Marsh gas or Methane**)। [এই গ্যাসের সঙ্গে ফস্‌ফিন ও ফস্‌ফরাস ডাই-হাইড্রাইড ($PH_3+P_2H_4$) মিশ্রিত থাকে। তাই, মার্স গ্যাস বায়ুর সংস্পর্শে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া ওঠে।] পেট্রোলিয়ামের কূপে ও কয়লার খনিতেও মিথেন পাওয়া যায়। বায়ুর সঙ্গে মিথেন বিস্ফোরণযোগ্য মিশ্রণ গঠন করে বলিয়া কয়লার খনিতে অনেক সময় দুর্ঘটনা ঘটে।

প্রাকৃতিক প্রাপ্তি (Natural occurance): কোল গ্যাসে 40% মিথেন পাওয়া যায় এবং প্রাকৃতিক গ্যাসে (natural gas) মিথেনের পরিমাণ 85 শতাংশ। মিথেন সম্পৃক্ত হাইড্রো-কার্বন বা প্যারাফিন সিরিজের আদি যৌগ।



সাধারণ মিথেন প্রস্তুতি

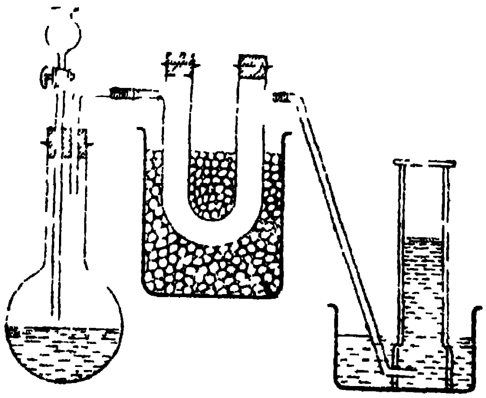
1. **রসায়নাগারের প্রস্তুতি** (Laboratory Process): শক্ত-কাচের পরীক্ষা-নলে অথবা ফ্লাস্কে এক **ভাগ** বিশুদ্ধ **সোডিয়াম অ্যাসিটেটের** (CH_3COONa) সঙ্গে **তিন ভাগ সোডা-লাইম** (Soda lime) উত্তপ্ত করিয়া রসায়নাগারে মিথেন তৈরী করা হয়। সাধারণত সোডিয়াম অ্যাসিটেটে জল অণু যুক্ত থাকে ($CN_3COONa,3H_2O$), ইহা উত্তপ্ত করিয়া শুষ্ক করা হয়। [কষ্টিক সোডার (NaOH) সম্পৃক্ত শুষ্ক পোড়া চুনকে (CaO) সোডা-লাইম বলা হয়।] পরীক্ষা-নলের সঙ্গে ফিটকরা

নির্গম-নলের মাধ্যমে নির্গত মিথেন গ্যাস জলভরা গ্যাস জারের জল সরাইয়া সংগ্রহ করা হয় (চিত্র দেখ)। এই গ্যাস বিশুদ্ধ নয়। সোডিয়াম অ্যাসিটেট ও সোডা লাইমের বিক্রিয়ায় প্রাপ্ত মিথেন গ্যাসের মধ্যে হাইড্রোজেন, ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন ও জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে।

বিক্রিয়া : $$\underset{\text{সোডিয়াম অ্যাসিটেট}}{CH_3COONa} + NaOH = \underset{\text{মিথেন}}{CH_4} + \underset{\text{সোডিয়াম কার্বনেট}}{Na_2CO_3}$$

এই গ্যাস অ্যামোনিয়াক্যাল কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে চালাইয়া অ্যাসিটিলিন এবং ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডে ইথিলিন ও জলীয় বাষ্প শোষিত করিয়া শেষে পারদ সরাইয়া সংগ্রহ করা হয়। ইহা বিশুদ্ধ হইলেও এই মিথেন গ্যাসের মধ্যে কিছু হাইড্রোজেন থাকে।

2. **বিশুদ্ধ মিথেন** (Pure Methane) : একটি ফ্লাস্ক বা বড় পরীক্ষা-নলে জল বা অ্যালকোহলের মধ্যে 'জিংক-কপার কাপল' (zinc-copper couple) তথা 'জিংক-কপার যুগ্ম' অথবা অ্যালুমিনিয়াম-অ্যামালগাম (Al-Hg) লও। ইহার মধ্যে বিচ্ছেদক ফানেল (separating funnel) হইতে মিথাইল আয়োডাইড (CH_3I) ঢাল। সংলগ্ন চিত্রানুযায়ী যন্ত্র সাজাও। [কপার সালফেট দ্রবণে জিংক দানা ফেলিলে জিংকের গায়ে কপারের আস্তরণ পড়ে। ইহাই Zn-Cu কাপল। মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণে অ্যালুমিনিয়াম দানা ফেলিলে ইহাদের উপরে মারকারীর আস্তরণ পড়ে। ইহাই Al-Hg অ্যামালগাম।]



বিশুদ্ধ মিথেন প্রস্তুতি

'জিংক-কপার-যুগ্ম' জল বা অ্যালকোহল হইতে জায়মান (nascent) হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। অ্যালুমিনিয়াম-মার্কারী অ্যামালগামও একই বিক্রিয়া ঘটায়। এই জায়মান হাইড্রোজেন মিথাইল আয়োডাইডের সঙ্গে স্বাভাবিক তাপে বিক্রিয়া ঘটাইয়া মিথেন তৈরী করে। যথা :

ষ (defused) আলোতে। ব্রোমিনের ক্রিয়া আরও মন্থর। প্রতিস্থাপন মিশ্র এবং গঠিত যৌগ অনুরূপ :

$$CH_4 + Cl_2 = CH_3Cl + HCl$$

মিথাইল ক্লোরাইড

$$CH_3Cl + Cl_2 = CH_2Cl_2 + HCl$$

মিথিলিন ক্লোরাইড

$$CH_2Cl_2 + Cl_2 = CHCl_3 + HCl$$

ক্লোরোফর্ম

$$CHCl_3 + Cl_2 = CCl_4 + HCl$$

কার্বন টেট্রাক্লোরাইড

আয়োডিন **প্রতিমুখী** বা রিভার্সিবল্ (reversible) বিক্রিয়া ঘটায়। carস্তব ক্ষেত্রে ইহা মিথেনের উপরে বিক্রিয়াহীন। যথা :

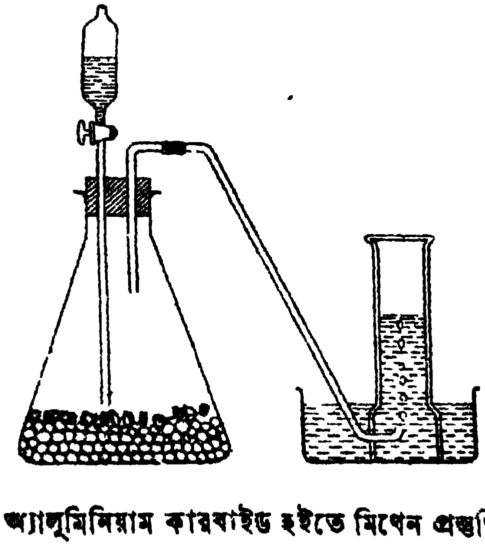
মিথেন . $CH_4+I_2 \rightleftharpoons CH_3I+HI$ অ্যালুমিনিয়াম ,

কর্কের সাহায্যে ইহার মধ্যে একটি বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম-নল ফিট করা হয়। বিন্দুপাতী ফানেল হইতে জল বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ফোঁটা ফোঁটা করিয়া কারবাইডের উপর ফেলিলে মিথেন তৈরী হয়। যথা :

$$Al_4C_3+12H_2O = 4Al(OH)_3+3CH_4\uparrow$$

$$Al_4C_3+12HCl = 4AlCl_3+3CH_4\uparrow$$

অ্যালুমিনিয়াম কারবাইড মিথেন



অ্যালুমিনিয়াম কারবাইড হইতে মিথেন প্রস্তুতি

অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড জলে অদ্রাব্য বলিয়া বিক্রিয়া কিছুক্ষণ হওয়ার পরে অদ্রাব্য স্তরের আস্তরণ সৃষ্টি করায় বিক্রিয়া মন্দীভূত হইয়া যায়।

নির্গম-নলের মাধ্যমে নির্গত মিথেন গ্যাস জলভরা গ্যাস জারের জল সরাইয়া সংগ্রহ করা হয় (চিত্র দেখ)। এই গ্যাস বিশুদ্ধ নয়। সোডিয়াম অ্যাসিটেট ও সোডা লাইমের বিক্রিয়ায় প্রাপ্ত মিথেন গ্যাসের মধ্যে হাইড্রোজেন, ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন ও জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে।

বিক্রিয়া : $$\underset{\text{সোডিয়াম অ্যাসিটেট}}{CH_3COONa}+NaOH=\underset{\text{মিথেন}}{CH_4}+\underset{\text{সোডিয়াম কার্বনেট}}{Na_2CO_3}$$

এই গ্যাস অ্যামোনিয়াক্যাল কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে চালাইয়া অ্যাসিটিলিন এবং ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডে ইথিলিন ও জলীয় বাষ্প শোষিত কবিয়া শেষে পারদ সরাইয়া সংগ্রহ করা হয়। ইহা বিশুদ্ধ হইলেও এই মিথেন গ্যাসের মধ্যে কিছু হাইড্রোজেন থাকে।

2. **বিশুদ্ধ মিথেন** (Pure Methane) : একটি ফ্লাস্ক বা বড পরী নলে জল বা অ্যালকোহলেব মধ্যে 'জিংক-কপার কাপল' (zinc-cc couple) [illegible] nysical pro যুগ্ম' অথবা অ্যালুমিনিয়াম-[illegible] বর্ণ ও গন্ধহীন গ্যাস। (ii) ইহা বায়ু হইতে হালকা। (iii) জলে অতি স্বল্প দ্রবণীয়, কিন্তু অ্যালকোহল, ইথার ও বেঞ্জিনে অপেক্ষাকৃত বেশী দ্রবণীয়।

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical properties) : (i) **মিথেনের নিষ্ক্রিয়তা** (inactivity) : মিথেন একটি সম্পৃক্ত হাইড্রো-কার্বন। তাই, নাইট্রিক বা সালফিউবিক অ্যাসিড, ক্ষার অথবা কোন জারক বা বিজারক পদার্থ স্বাভাবিক অবস্থায় মিথেনের উপরে বিক্রিয়া ঘটাইতে অক্ষম।

(ii) **বায়ুর সঙ্গে ক্রিয়া** (Action of air) : মিথেন দহনশীল গ্যাস। মিথেন বায়ুতে প্রজ্বলিত হইলে অদীপ্ত শিখায় জ্বলিয়া ওঠে এবং জল ও কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) গঠন করে। যথা :

$$CH_4+2O_2=CO_2+2H_2O$$

অগ্নিস্পর্শে বায়ু ও মিথেন গ্যাসের মিশ্রণে বিস্ফোরণ ঘটে। তাই, কয়লার খনিতে মাঝে মাঝে দুর্ঘটনা ঘটিতে দেখা যায়।

(iii) **প্রতিস্থাপন বা সাবস্টিটিউশন** (Substitution) : ক্লোরিন ও মিথেন মিশ্রণে **সূর্যের আলো** পড়িলে প্রচণ্ড বিস্ফোরণ ঘটে এবং কালো কার্বনের ঝুল ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গঠিত হয়। যথা :

$$CH_4+2Cl_2=C\downarrow+4HCl$$

ক্লোরিন ও ব্রোমিন মিথেন অণুর হাইড্রোজেন একটি একটি করিয়া প্রতিস্থাপিত করে। ক্লোরিনের এরূপ প্রতিস্থাপন ক্রিয়া ঘটে ধীরে ধীরে এবং

defused) আলোতে। ব্রোমিনের ক্রিয়া আরও মন্থর। প্রতিস্থাপন ক্রিয়া এবং গঠিত যৌগ অনুরূপ :

$$CH_4 + Cl_2 = \underset{\text{মিথাইল ক্লোরাইড}}{CH_3Cl} + HCl$$

$$CH_3Cl + Cl_2 = \underset{\text{মিথিলিন ক্লোরাইড}}{CH_2Cl_2} + HCl$$

$$CH_2Cl_2 + Cl_2 = \underset{\text{ক্লোরোফর্ম}}{CHCl_3} + HCl$$

$$CHCl_3 + Cl_2 = \underset{\text{কার্বন টেট্রাক্লোরাইড}}{CCl_4} + HCl$$

আয়োডিন **প্রতিমুখী** বা রিভার্সিবল্ (reversible) বিক্রিয়া ঘটায়। তাই বাস্তব ক্ষেত্রে ইহা মিথেনের উপরে বিক্রিয়াহীন। যথা :

$$CH_4 + I_2 \rightleftharpoons CH_3I + HI$$

(iv) **বিশ্লেষণ বিক্রিয়া :** বায়ুর অভাবে উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করা হইলে মিথেন ভাঙ্গিয়া কার্বন ও হাইড্রোজেন তৈরী হয়।

যথা : $CH_4 \xrightarrow{1000^\circ C} C\downarrow + H_2\uparrow$

(v) **ফর্ম্যালডিহাইড প্রস্তুতি :** মিথেন ওজন (O_3) কর্তৃক জারিত হইয়া ফর্ম্যালডিহাইড গঠিত হয়। $3CH_4 + O_3 = HCHO + H_2$

মিথেনের সম্পৃক্তির প্রমাণ : মিথেনেব নিষ্ক্রিয়তা এবং ইহার যুত-যৌগ (Additive compound) গঠনেব অক্ষমতা এবং ক্লোরিন ও ব্রোমিনের সঙ্গে প্রতিস্থাপন পদ্ধতিতে চারিটি ভিন্ন ভিন্ন যৌগ গঠনের প্রক্রিয়া দ্বারা প্রমাণিত হয় যে ইহা একটি সম্পৃক্ত (saturated) যৌগ।

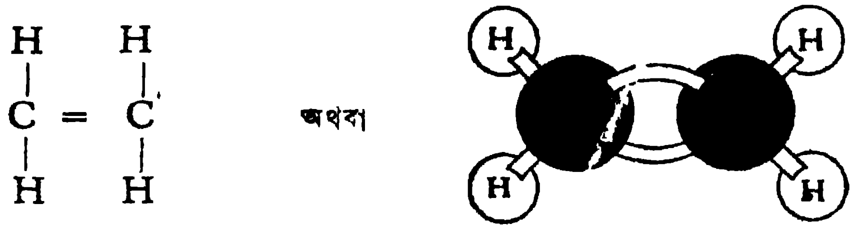
মিথেনের মূলককে অ্যালকিল তথা, **মিথাইল মূলক** (Methyl radical) **বলা হয়। ইহার ফর্মুলা** CH_3- , মিথেন সমস্ত অ্যালিফ্যাটিক যৌগের আদি পদার্থ।

ব্যবহার : মিথেন গ্যাস প্রধানত জ্বালানী রূপে, কার্বন-ব্ল্যাক তৈরীর জন্য এবং মিথাইল ক্লোরাইড, মিথিলিন ক্লোরাইড, ক্লোরোফর্ম ও কার্বন টেট্রাক্লোরাইড (CH_3Cl, CH_2Cl_2, $CHCl_3$ এবং CCl_4 যৌগ প্রস্তুতির জন্য ব্যবহার করা হয়।

2. অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন ঃ ইথিলিন—C_2H_4

(Uusaturated Hydro-Carbon)

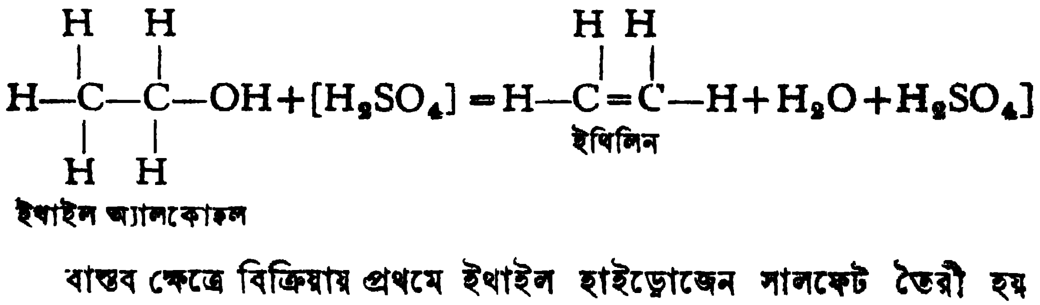
অলিফাইন গোষ্ঠীর অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের আদি যৌগ ইথিলিন $CH_2=CH_2$, ইহাকে **অলিফিন** গ্যাসও (Olefin) বলা হয়। ইহা কোল-গ্যাস (3–4%) এবং পেট্রোলিয়ামের গ্যাসের মধ্যে পাওয়া যায়। আমেরিকার প্রাকৃতিক গ্যাসে প্রায় 20% ইথিলিন পাওয়া যায়। ইহার শিখা প্রদীপ্ত (luminous)। ইথিলিন দুই যোজক বা বণ্ড যুক্ত (double bond) অসম্পৃক্ত যৌগ। ইহার গঠন :



অসম্পৃক্ত ইথিলিনের সংযুতি বা আকৃতিক ফর্মুলা

প্রস্তুতি ঃ রসায়নাগারের পদ্ধতি (Laboratory process) : (1) ঘন সালফিউরিক অথবা ফসফরিক্ অ্যাসিডের ন্যায় তীব্র জল শোষক (dehydrating) কোন পদার্থ ইথাইল অ্যালকোহলের (C_2H_5OH) সঙ্গে 165°C তাপাংকে মিশ্রিত করিলে ইহা অ্যালকোহলের জলীয় অংশ শুষিয়া লয় এবং তাহার ফলে তৈরী হয় ইথিলিন। যথা :

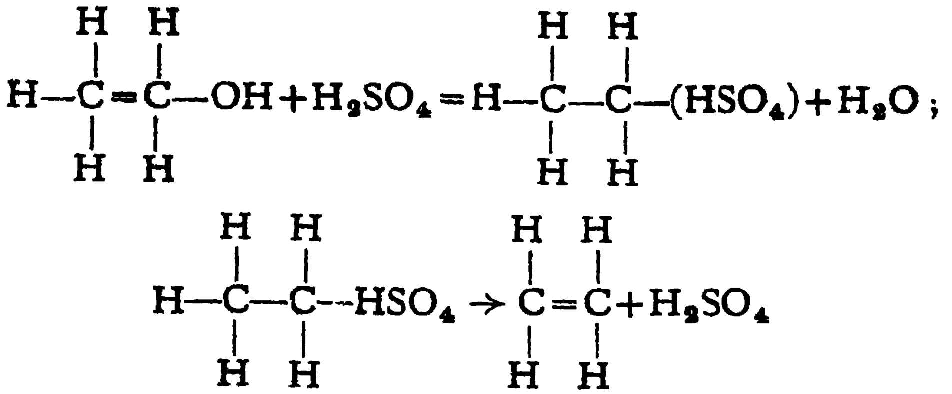
$$\underset{\text{ইথাইল অ্যাল্কোহল}}{C_2H_5OH}+H_2SO_4=\underset{\text{ইথিলিন}}{C_2H_4}+[H_2O+H_2SO_4]$$



$$\underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-OH}+[H_2SO_4]=\underset{\text{ইথিলিন}}{H-\overset{H}{C}=\overset{H}{C}-H}+H_2O+H_2SO_4]$$

বাস্তব ক্ষেত্রে বিক্রিয়ায় প্রথমে ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট তৈরী হয় এবং ইহা উচ্চতর তাপাংকে বিয়োজিত হইয়া ইথিলিন উৎপন্ন করে। যথা :

$$C_2H_5OH+H_2SO_4=C_2H_5HSO_4+H_2O$$
$$C_2H_5HSO_4=C_2H_4+H_2SO_4$$

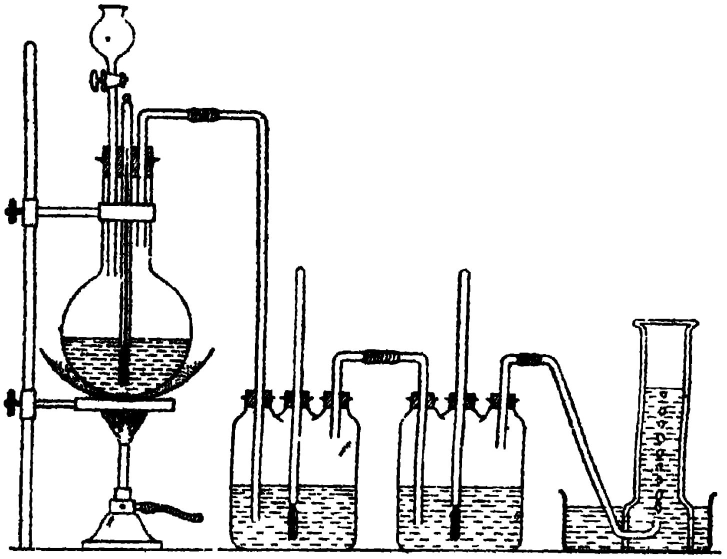


$$\mathrm{H{-}\overset{H}{\underset{H}{C}}{=}\overset{H}{\underset{H}{C}}{-}OH+H_2SO_4=H{-}\overset{H}{\underset{H}{C}}{-}\overset{H}{\underset{H}{C}}{-}(HSO_4)+H_2O}\,;$$

$$\mathrm{H{-}\overset{H}{\underset{H}{C}}{-}\overset{H}{\underset{H}{C}}{-}HSO_4\rightarrow\overset{H}{\underset{H}{C}}{=}\overset{H}{\underset{H}{C}}+H_2SO_4}$$

সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিমাণ বেশি না হইলে ইথার ($C_2H_5-O-C_2H_5$) তৈরী হয়।

পরীক্ষা (Expt) : একটি ফ্লাস্কের মধ্যে একভাগ ইথাইল অ্যালকোহলের সঙ্গে তিন ভাগ আয়তনের ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাও। ফ্লাস্কের মুখে একটি করিয়া থার্মোমিটার, বিন্দুপাতী ফানেল (dropping funnel) ও নির্গম নল ফিট কর। নির্গম নলের পথে কষ্টিক পটাস দ্রবণ (KOH) অথবা (NaOH)



ইথিলিন প্রস্তুতি

পূর্ণ একটি বা দুইটি **ধৌত পাত্র** তথা ওয়াসার (washer) ফিট কর। **বালি খোলায়** তথা 'স্যাণ্ডবাথে' (Sandbath) রাখিয়া 165°C – 170°C তাপাংকে অ্যালকোহল-অ্যাসিড মিশ্রণটি তপ্ত কর। তপ্ত মিশ্রণ হইতে নির্গত গ্যাস জল সরাইয়া গ্যাসজারে পূর্ণ কর। গ্যাস উৎপাদন হ্রাস পাইলে বিক্রিয়া ফ্লাস্কে বিন্দুপাতী ফানেলের মাধ্যমে সম পরিমাণে মিশ্রিত সালফিউরিক অ্যাসিড ও ইথাইল অ্যালকোহল মিশ্রণ ঢাল। ইহার সঙ্গে অতিরিক্ত ইথিলিন তৈরী হয়।

গ্যাস ওয়াশারে (gas-washer) স্থাপিত কষ্টিক সোডা বা পটাসের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া উৎপন্ন গ্যাসের সঙ্গে মিশ্রিত কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) ও সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) অপসারিত করা হয়।

(ii) **ইথাইল ব্রোমাইড (C_2H_5Br) হইতে** (From Ethyl bromide) : অ্যালকোহলে কষ্টিক পটাস (KOH) দ্রবীভূত করিয়া কষ্টিক পটাসের সেই ঘন ও তপ্ত অ্যালকোহলীয় দ্রবণে একটি বিন্দুপাতী ফানেল বা ড্রপিং ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ইথাইল ব্রোমাইড (C_2H_5Br) ফেলিয়া ইথিলিন তৈরী করা যায়। যথা :

$$\underset{\text{ইথাইল ব্রোমাইড}}{C_2H_5Br} + KOH \text{ (অ্যালকোহল দ্রবণ)} = \underset{\text{ইথিলিন}}{C_2H_4} + HBr + H_2O$$

(iii) **ইথাইল অ্যালকোহল (C_2H_5OH) হইতে** (From Ethyl alcohol) : অ্যালুমিনার (Al_2O_3) উপরে 360°C তাপাংকে ইথাইল অ্যালকোহল বাষ্প চালাইয়া উচ্চহারে ইথিলিন তৈরী করা যায়। **ইহা একটি বৃহদায়তন উৎপাদনের শিল্প-পদ্ধতি** (Large scale production)।

$$\underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{C_2H_5OH} + [Al_2O_3] = \underset{\text{ইথিলিন}}{C_2H_4} + [H_2O + Al_2O_3]$$

(iv) **বিশুদ্ধ ইথিলিন** (Pure Ethylene) : ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইডের ($C_2H_4Br_2$) অ্যালকোহলীয় দ্রবণ জিংক রজের (Zinc dust) সঙ্গে উত্তপ্ত করিয়া ইথিলিন তৈরী করা যায়। যথা :

$$\underset{\text{ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইড}}{C_2H_4Br_2} + Zn = \underset{\text{ইথিলিন}}{C_2H_4} + ZnBr_2$$

ইথিলিনের ধর্ম (Properties of Ethylene)

ভৌত ধর্ম (Physical properties) : ইথিলিন হাল্‌কা এবং সুমিষ্ট গন্ধযুক্ত একটি বর্ণহীন গ্যাস। (ii) জলে ইহা অতি সামান্য দ্রবণীয়, কিন্তু অ্যালকোহল, ইথার, বেঞ্জিন ইত্যাদিতে অপেক্ষাকৃত বেশী দ্রবণীয়। (iii) ইহা বায়ুর চেয়ে হাল্‌কা। (iv) ইহার গ্যাসে শ্বাস গ্রহণে শরীর অবশ হইয়া যায়।

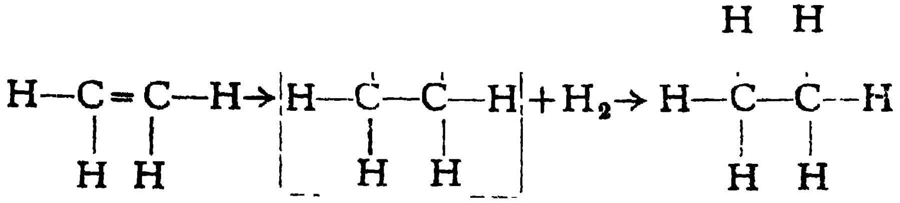
রাসায়নিক ধর্ম (Chemical properties) : (i) **বায়ুর ক্রিয়া** (Action of air) : ইহা দহনশীল গ্যাস এবং বায়ুতে প্রজ্বলিত হইলে প্রদীপ্ত শিখায় জ্বলিয়া উঠে। অগ্নিস্পর্শে বায়ু ও ইথিলিনের মিশ্রণে বিস্ফোরণ ঘটে। যথা : $C_2H_4 + 3O_2 = 2CO_2 + 2H_2O$

(ii) **রাসায়নিক সক্রিয়তা ও যুতযৌগ গঠন** (Additive reaction)ঃ ইথিলিন অণুর দুইটি কার্বন পরমাণু দ্বি-বন্ধের বা ডাবল-বণ্ড দ্বারা যুক্ত হওয়ায় ইহা একটি অসম্পৃক্ত যৌগ। যথা: $CH_2=CH_2$; ইহা তাই বিশেষ সক্রিয় (reactive)। **এই সক্রিয়তা অসম্পৃক্ত হাইড্রো-কার্বনের বৈশিষ্ট্য।** নিজস্ব কোন পরমাণু না হারাইয়া অন্য পরমাণুর সঙ্গে ইথিলিন যুক্ত হইতে পারে এবং এরূপ বিক্রিয়াকে যুতযৌগ গঠন বা অ্যাডিটিভ ক্রিয়া বলে। অর্থাৎ, **কোন অসম্পৃক্ত যৌগ যখন নিজস্ব কোন পরমাণু না হারাইয়া অন্য পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া সম্পৃক্ত যৌগ গঠন করে তখন সেরূপ বিক্রিয়াকে যুত যৌগ গঠন বা অ্যাডিটিভ বিক্রিয়া** (Additive reaction) **বলা হয়।**

(ক) **হাইড্রোজিনেশন** (Hydrogenation)ঃ প্ল্যাটিনাম বা প্যালাডিয়াম বা নিকেল অনুঘটকের সংস্পর্শে এবং 150°C তাপাংকে হাইড্রোজেন ইথিলিনকে যুত-যৌগ (additive compound) ইথেনে রূপান্তরিত করে। যথা:

$$C_2H_4+H_2=C_2H_6$$

ইথিলিন ইথেন

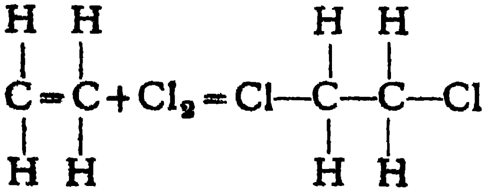


$$H-\underset{H}{C}=\underset{H}{C}-H \rightarrow \boxed{H-\underset{H}{C}-\underset{H}{C}-H} + H_2 \rightarrow H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-H$$

ইথিলিন ইথেন

জায়মান হাইড্রোজেন এরূপ বিক্রিয়া ঘটাইতে অক্ষম।

(খ) **হ্যালোজেনের ক্রিয়া** (Action of Halogen): ক্লোরিন ও ব্রোমিন আলোকরশ্মির প্রভাবে সরাসরিভাবে ইথিলিনের সঙ্গে সংযুক্ত হয়। ইহাও অ্যাডিটিভ বা যুত যৌগ গঠন বিক্রিয়া। আযোডিনের বিক্রিয়া ঘটে মন্থর গতিতে। লালবর্ণের ব্রোমিন দ্রবণের ভিতর দিয়া ইথিলিন গ্যাস চালাইয়াও বর্ণহীন ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইড তৈরী করা যায়। যথা:



$$\underset{H}{\overset{H}{C}}=\underset{H}{\overset{H}{C}}+Cl_2=Cl-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-Cl$$

ইথিলিন ইথিলিন ডাই ক্লোরাইড

$$CH_2=CH_2+Br_2=CH_2Br-CH_2Br$$

ইথিলিন ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইড

(গ) ইথিলিন হ্যালোজেন অ্যাসিডের (হাইড্রো-আইয়োডিক অ্যাসিড HI) সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথাইল হ্যালাইড যুত-যৌগ গঠন করে। যথা:

$$CH_2=CH_2+HBr=CH_3-CH_2Br$$

ইথিলিন ব্রোমাইড

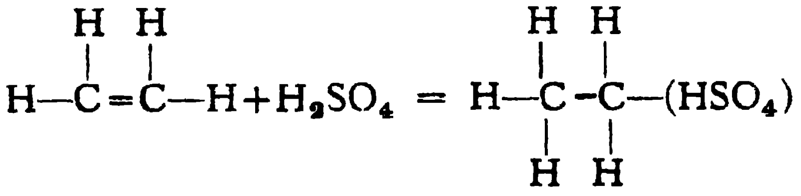
$$C_2H_4+HI = C_2H_5I$$

ইথিলিন ইথাইল আয়োডাইড

(ঘ) **সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া** (Action of Sulphuric acid): ইথিলিনকে স্বাভাবিক তাপাংকে ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড এবং উচ্চতর তাপাংকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ইথিলিন শোষণ করিতে পারে। উভয় বিক্রিয়ায় যুত-যৌগ ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট তৈরী হয়। যথা:

$$CH_2=CH_2+H_2SO_4=CH_3CH_2HSO_4$$

ইথিলিন ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট



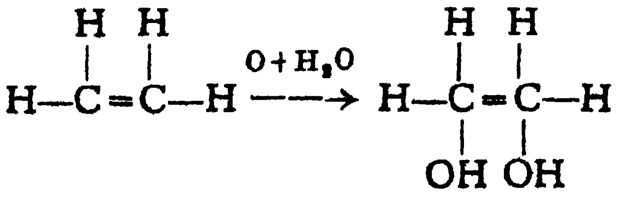
$$H-\underset{}{\overset{H}{\overset{|}{C}}}=\overset{H}{\overset{|}{C}}-H+H_2SO_4 = H-\underset{\underset{H}{|}}{\overset{H}{\overset{|}{C}}}-\underset{\underset{H}{|}}{\overset{H}{\overset{|}{C}}}-(HSO_4)$$

এরূপ বিক্রিয়াব সাহায্যে মিথেন, ইথেন প্রভৃতি সম্পৃক্ত হাইড্রো-কার্বন এবং কার্বন মনোকসাইড ডায়কসাইড, হাইড্রোজেন (CO, CO_2, H_2) প্রভৃতি গ্যাসের মিশ্রণ হইতে ইথিলিন পৃথক করা যায়। সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা শোষণের পরে ইহা উত্তপ্ত করিলে আবার ইথিলিন ফিরিয়া পাওয়া যায়।

$$CH_3CH_2HSO_4 \rightarrow CH_2=CH_2+H_2SO_4$$

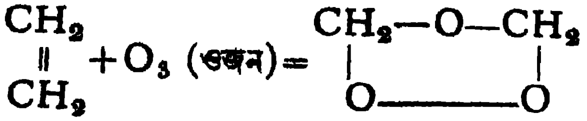
(iii) **পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট ($KMnO_4$) দ্রবণের ক্রিয়া বা ইথিলিন জারণ:** ক্ষার মিশ্রিত পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট দ্রবণে ইথিলিন (C_2H_4) চালনা কবিলে **ইথিলিন** জারিত হইয়া **গ্লাইকলে** (glycol) পরিণত হয় এবং বেগুনী দ্রবণ বিবর্ণ হইয়া যায়। ইহা একটি জারণ ক্রিয়া। যথা:

$$CH_2=CH_2 \xrightarrow{O+H_2O} OH-CH_2-CH_2-OH \text{ (গ্লাইকল)}$$



$$H-\overset{H}{\overset{|}{C}}=\overset{H}{\overset{|}{C}}-H \xrightarrow{O+H_2O} H-\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{H}{\overset{|}{C}}}=\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{H}{\overset{|}{C}}}-H$$

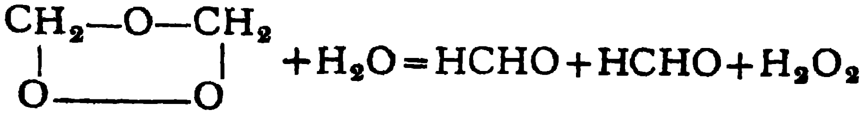
(iv) **ওজোনের সঙ্গে বিক্রিয়া :** ওজোনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় **ইথিলিন ওজনাইড** (ozonide) নামক যুত-যৌগ গঠন করে। যথা :



$$\begin{array}{c} CH_2 \\ \| \\ CH_2 \end{array} + O_3\ (\text{ওজন}) = \begin{array}{c} CH_2-O-CH_2 \\ | \qquad\qquad | \\ O\text{———}O \end{array}$$

ইথিলিন ওজোনাইড

এই ইথিলিন ওজোনাইড জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফরম্যালডিহাইড ও হাইড্রোজেন পারক্সাইড গঠন করে। যথা :



$$\begin{array}{c} CH_2-O-CH_2 \\ | \qquad\qquad | \\ O\text{———}O \end{array} + H_2O = HCHO + HCHO + H_2O_2$$

ইথিলিন ওজোনাইড

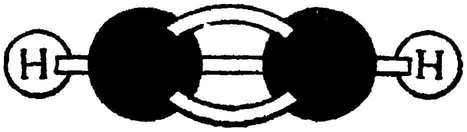
ব্যবহার (Uses) : কাঁচা ফল পাকাইবার জন্য ইথিলিন ব্যবহৃত হয়। ইথাইল অ্যালকোহল, বিষাক্ত মাস্টার্ড গ্যাস, গ্লাইকল, পলিথিন প্লাস্টিক ইত্যাদি তৈরী করার জন্য এবং **অসাড়ক** বা **বিবশক** (anaesthetic) রূপেও ইথিলিন ব্যবহার করা হয়।

3. অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন : অ্যাসিটিলিন

(Acetylene $CH \equiv CH$)

(Unsaturated Compound)

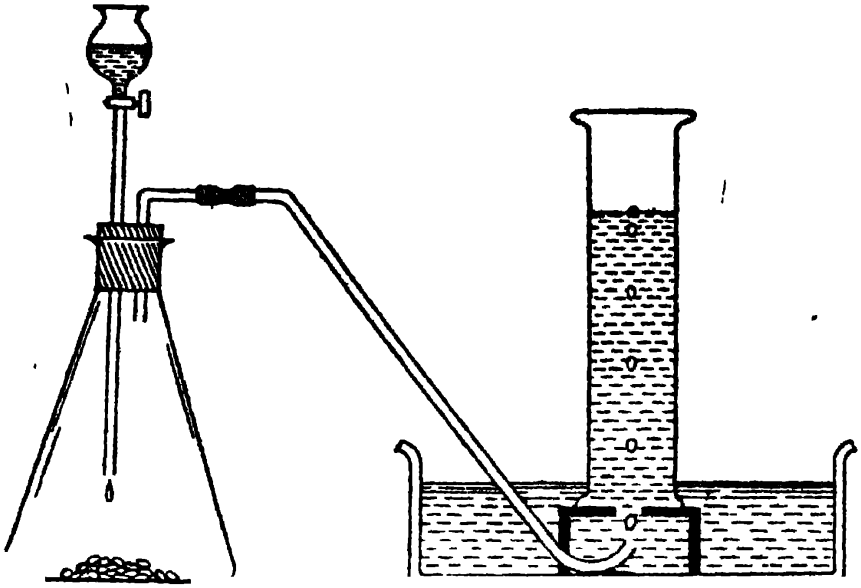
প্রকৃতিতে মুক্ত পদার্থরূপে অ্যাসিটিলিন পাওয়া যায় না। কোল গ্যাসে কিঞ্চিৎ পরিমাণে অ্যাসিটিলিন থাকে। এডমণ্ড ডেভি (Edmund Devy) নামে এক আমেরিকান বিজ্ঞানী বিদ্যুৎচুল্লীর সাহায্যে ক্যালসিয়াম অক্সাইডকে কার্বন দ্বারা বিজারিত করার পরীক্ষা করিতে যাইয়া আকস্মিকভাবে অ্যাসিটিলিন গ্যাস আবিষ্কার করেন। বিদ্যুৎচুল্লীতে কার্বন ও ক্যালসিয়াম অক্সাইড উত্তপ্ত করিয়া যে-পদার্থ পাওয়া যায় তাহা জলে মিশাইবার ফলে একটি গ্যাস তৈরী হয়। এই গ্যাসটিই অ্যাসিটিলিন। বুনসেন-দীপের পশ্চাৎজ্বলায় (strike back) সময়ও অ্যাসিটিলিন তৈরী হয়।



সম্পৃক্ত অ্যাসিটিলিনের সংযুক্তি ফর্মুলা

অ্যাসিটিলিন ত্রি-বন্ধ বা তিন-বণ্ড যুক্ত (tripple bond) অসম্পৃক্ত যৌগ ঃ তাই ইহার গঠন কাঠামো ঃ

$$H-C\equiv C-H$$



অ্যাসিটিলিন প্রস্তুতি

1. **রসায়নাগারে প্রস্তুতি** (Laboratory method) ঃ কার্বাইডের গ্যাসবাতিতে যে-ভাবে গ্যাস তৈরী হয় রসায়নাগারেও ঠিক সেইভাবে অ্যাসিটিলিন তৈরী করা যায়। একটি ফ্লাস্কের মধ্যে কয়েক খণ্ড ক্যালসিয়াম কারবাইড (CaC_2) রাখা হয়। একটি বিন্দুপাতী ফানেল হইতে কারবাইডের উপর ফোঁটা ফোঁটা করিয়া জল ফেলা হয়। কারবাইড ও জলের বিক্রিয়ায় স্বাভাবিক তাপাংকেই অ্যাসিটিলিন গ্যাস নির্গত হয়। ইহা জল সরাইয়া সংগ্রহ করা হয়। বিক্রিয়া ঃ

$$\underset{\text{ক্যালসিয়াম কারবাইড}}{CaC_2} + 2H_2O \rightarrow \underset{\text{অ্যাসিটিলিন}}{C_2H_2} + Ca(OH)_2$$

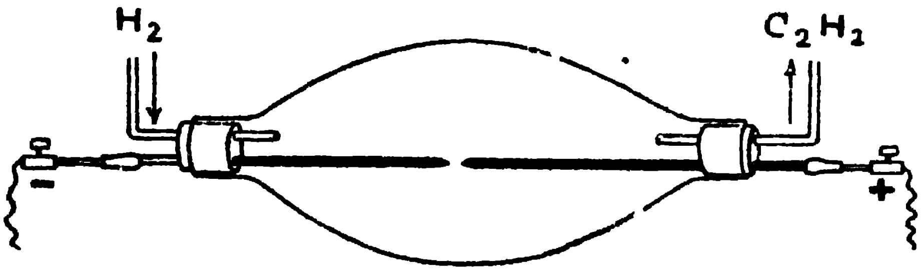
এই গ্যাস বিশুদ্ধ নয়। ইহাতে হাইড্রোজেন সালফাইড, অ্যামোনিয়া ও ফসফিন (H_2S, NH_3 ও PH_3) মিশ্রিত থাকে। উৎপন্ন গ্যাস ব্লিচিং পাউডার পূর্ণ স্তম্ভে ও অ্যাসিড মিশ্রিত কপার সালফেট দ্রবণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া ইহা বিশুদ্ধ করা হয়। কপার সালফেট দ্রবণ H_2S ও NH_3 ব্লিচিং পাউডার পূর্ণ স্তম্ভ বা জলে ভাসমান ব্লিচিং পাউডার ফসফিন (PH_3) অপসারিত করে। এই গ্যাস ফসফরাস পেন্টোকসাইডের (P_2O_5) ভিতর

দিয়া চালাইয়া শুরু করা হয়। [বৈদ্যুতিক চুল্লীতে 2500°C—3000°C তাপে পোড়া চুন (CaO) এবং কোক পোড়াইয়া ক্যালসিয়াম কারবাইড (CaC_2) তৈরী করা হয়।] যথা :

$$CaO + 3C = CaC_2 + CO \uparrow$$

2. **সংশ্লেষণী পদ্ধতিতে অ্যাসিটিলিন প্রস্তুতি** (Synthetic process) : বৈদ্যুতিক চুল্লীতে (2500°C) হাইড্রোজেন গ্যাস ভরিয়া তাহার মধ্যে কার্বন তড়িদ্দ্বারের মাধ্যমে বিদ্যুৎ-শিখা সৃষ্টি করিলে অ্যাসিটিলিন তৈরী হয়। কিন্তু এরূপ পদ্ধতিতে উৎপাদনের পরিমাণ স্বল্প। বিক্রিয়া :

$$2C + H_2 = C_2H_2$$



সংশ্লেষণী পদ্ধতিতে অ্যাসিটিলিন প্রস্তুতি

3. **বিশুদ্ধ অ্যাসিটিলিন** (Pure Acetylene) : কষ্টিক পটাসের অ্যালকোহলীয় দ্রবণের সঙ্গে ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইড ($C_2H_4Br_2$) ফুটাইয়া বিশুদ্ধ অ্যাসিটিলিন তৈরী করা যায়। যথা :

$$\underset{\text{ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইড}}{C_2H_4Br_2} + \underset{\text{অ্যালকোহলীয় দ্রবণ}}{2KOH} = \underset{\text{অ্যাসিটিলিন}}{C_2H_2} + 2KBr + 2H_2O$$

অ্যাসিটিলিনের ধর্ম (Properties)

ভৌত ধর্ম (Physical Properties) : (i) বিশুদ্ধ অ্যাসিটিলিন সুমিষ্ট একটি বর্ণহীন গ্যাস। অবিশুদ্ধ অবস্থায় ফসফিনের (PH_3) জন্য ইহাতে পেঁয়াজের গন্ধ পাওয়া যায়। (ii) ইহা জলে বেশ দ্রবণীয়। উচ্চ চাপে অ্যাসিটিলিনকে তরল করা যায়। কিন্তু তরল অ্যাসিটিলিন অত্যন্ত বিস্ফোরক। তাই, ইহা তরল অবস্থায় তরল অ্যামোনিয়া (NH_3) বা সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) গ্যাসের ন্যায় স্থানান্তরিত করা যায় না। 10-12 গুণ বর্ধিত বায়ুচাপে এক আয়তন অ্যাসিটোন নামের জৈব তরলে প্রায় 300 আয়তন অ্যাসিটিলিন গ্যাস দ্রবীভূত করা যায়। চাপমুক্ত হইলে সম্পূর্ণ অ্যাসিটিলিন গ্যাস আবার নির্গত

হইয়া যায়। তাই, অ্যাসিটোনে দ্রবীভূত করিয়া অ্যাসিটিলিন অন্যত্র চালান দেওয়া যায়।

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical properties) (i) **বায়ুর ক্রিয়া** (Action of air) : অ্যাসিটিলিন জ্বালাইলে বায়ুতে প্রদীপ্ত শিখায় জ্বলিতে থাকে এবং জল ও কার্বন ডাই-অক্সাইড গঠন করে। বায়ু ও অ্যাসিটিলিন গ্যাসের মিশ্রণ বিস্ফোরক। ইহা জ্বলিবার সময় প্রবল উত্তাপ সৃষ্টি করে। বিক্রিয়া :

$$2C_2H_2+5O_2=4CO_2+2H_2O$$

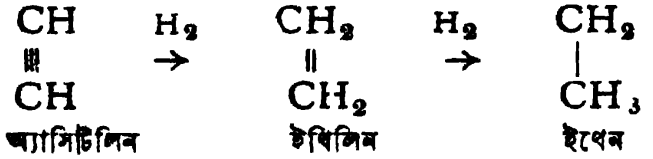
সাধারণ বার্নারে জ্বলিলে অ্যাসিটিলিন শিখা ধূম্র সৃষ্টি করে। কিন্তু সূচল মুখ বার্নারে শিখা ধূম্রহীন। অক্সি-অ্যাসিটিলিন শিখা উজ্জ্বল আলো সৃষ্টি করিয়া প্রায় 3000°C তাপাংকে তীব্র প্রভায় প্রজ্জ্বলিত হয়।

(ii) অ্যাসিটিলিন গ্যাসের মধ্যে প্রচণ্ড শব্দ করিলে এই গ্যাস (C_2H_2) মৌলিক পদার্থ কার্বন ও হাইড্রোজেন রূপে ভাঙ্গিয়া যায়। যথা :

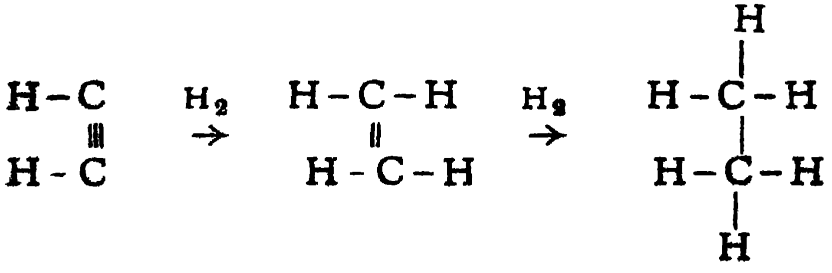
$$C_2H_2 \rightarrow 2C\downarrow + H_2\uparrow$$

(iii) **অ্যাসিটিলিনের সক্রিয়তা** (Reactivity of acetylene) : অ্যাসিটিলিন অণুর কার্বন পরমাণু দুইটি তিন-বণ্ড বা ত্রিবন্ধ দ্বারা পরস্পরে সংযুক্ত হওয়ায় ইহা অসম্পৃক্ত যৌগ। যথা : $CH\equiv CH$, তাই, অ্যাসিটিলিন অত্যন্ত সক্রিয়। অসম্পৃক্ত যোজ্যতা পূর্ণ করবার জন্য অ্যাসিটিলিন সহজেই একযোজী পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া **যুত যৌগ** বা **অ্যাডিটিভ কম্পাউণ্ড** (additive compound) গঠন করে।

হাইড্রোজেনের ক্রিয়া (Action of hydrogen) : প্ল্যাটিনাম বা প্যালাডিয়াম অনুঘটকের সংস্পর্শে হাইড্রোজেন অ্যাসিটিলিনকে প্রথমে ইথিলিনে এবং পরে ইথেনে পরিণত করে। যথা :



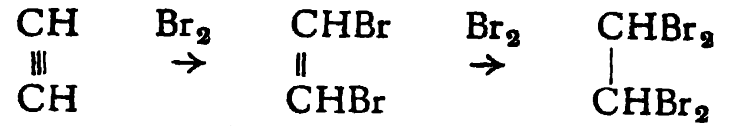
$$\begin{matrix} CH \\ ||| \\ CH \end{matrix} \xrightarrow{H_2} \begin{matrix} CH_2 \\ || \\ CH_2 \end{matrix} \xrightarrow{H_2} \begin{matrix} CH_2 \\ | \\ CH_3 \end{matrix}$$



$$\begin{matrix} H-C \\ ||| \\ H-C \end{matrix} \xrightarrow{H_2} \begin{matrix} H-C-H \\ || \\ H-C-H \end{matrix} \xrightarrow{H_2} \begin{matrix} H \\ | \\ H-C-H \\ | \\ H-C-H \\ | \\ H \end{matrix}$$

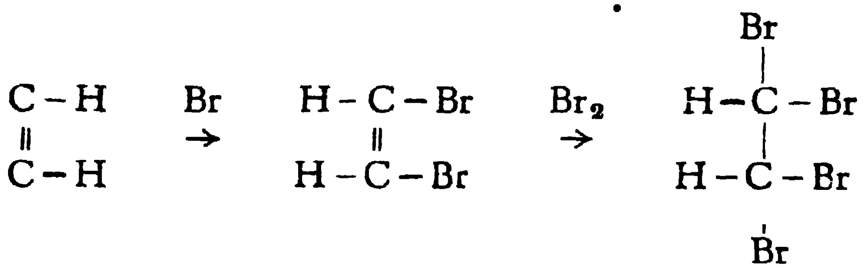
হ্যালাইড যুত-যৌগ (Additive compound of acetylene) : ক্লোরিন ও ব্রোমিন অ্যাসিটিলিনের সঙ্গে যুত-যৌগ গঠন করে। ক্লোরিন এত তীব্র বিক্রিয়া ঘটায় যে, 'কাইসেলগুর' নামের একটি সিলিকেট যৌগকে বিক্রিয়ার মাধ্যমরূপে ব্যবহার না করিলে তীব্র বিক্রিয়ায় কার্বন ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গঠিত হয়। যথা : $CH\equiv CH+Cl_2=2C+2HCl$

কাইসেলগুরের উপস্থিতিতে বা মধ্যস্থতায় ক্লোরিন এবং ব্রোমিন সাধারণ ভাবে যুত-যৌগ বা অ্যাডিটিভ কম্পাউণ্ড গঠন করে। যথা :



$$\begin{array}{c}CH\\ |||\\ CH\end{array} \xrightarrow{Br_2} \begin{array}{c}CHBr\\ \|\\ CHBr\end{array} \xrightarrow{Br_2} \begin{array}{c}CHBr_2\\ |\\ CHBr_2\end{array}$$

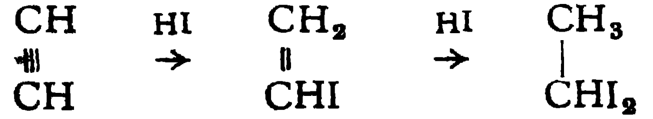
অ্যাসিটিলিন অ্যাসিটিলিন ডাই-ব্রোমাইড অ্যাসিটিলিন টেট্রা-ব্রোমাইড



$$\begin{array}{c}C-H\\ \|\\ C-H\end{array} \xrightarrow{Br} \begin{array}{c}H-C-Br\\ \|\\ H-C-Br\end{array} \xrightarrow{Br_2} \begin{array}{c}Br\\ |\\ H-C-Br\\ |\\ H-C-Br\\ |\\ Br\end{array}$$

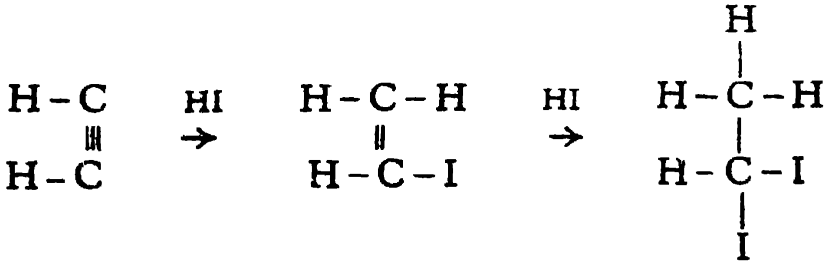
ব্রোমিনের বদলে ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় একই ধরনের যুত-যৌগ গঠিত হয়।

হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া : হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিডের (HI) সঙ্গে অ্যাসিটিলিন (C_2H_2) প্রথমে ভিনাইল আয়োডাইড এবং পরে ইথিলিডিন আয়োডাইড গঠন করে। ইহাও যুত যৌগের উদাহরণ। যথা :



$$\begin{array}{c}CH\\ |||\\ CH\end{array} \xrightarrow{HI} \begin{array}{c}CH_2\\ \|\\ CHI\end{array} \xrightarrow{HI} \begin{array}{c}CH_3\\ |\\ CHI_2\end{array}$$

অ্যাসিটিলিন ভিনাইল আয়োডাইড ইথিলিডিন আয়োডাইড



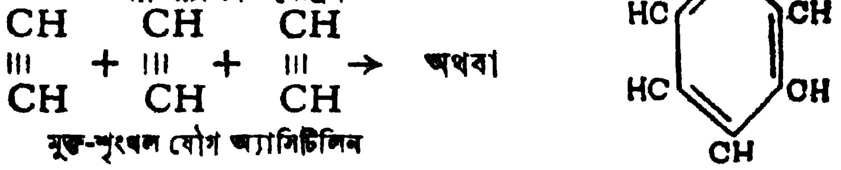
$$\begin{array}{c}H-C\\ |||\\ H-C\end{array} \xrightarrow{HI} \begin{array}{c}H-C-H\\ \|\\ H-C-I\end{array} \xrightarrow{HI} \begin{array}{c}H\\ |\\ H-C-H\\ |\\ H-C-I\\ |\\ I\end{array}$$

(iv) **অ্যাসিটিলিন হইতে বেঞ্জিন গঠন** (Polymerisation) : লাল-তপ্ত নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইলে তিনটি অ্যাসিটিলিন (C_2H_2) অণু

পরস্পরে সম্মিলিত হইয়া সংবৃত্তাকার বেঞ্জিন অণু গঠন করে এবং এই মুক্ত-শৃংখল যৌগ (open chain compound) সংবৃত্ত যৌগে (cyclic or closed compound) পরিণত হয়। যথা :

$$3C_2H_2 \rightarrow C_6H_6$$

অ্যাসিটিলিন বেঞ্জিন



$$\begin{matrix} CH \\ ||| \\ CH \end{matrix} + \begin{matrix} CH \\ ||| \\ CH \end{matrix} + \begin{matrix} CH \\ ||| \\ CH \end{matrix} \rightarrow$$

অথবা

মুক্ত-শৃংখল যৌগ অ্যাসিটিলিন
(Open chain compound)

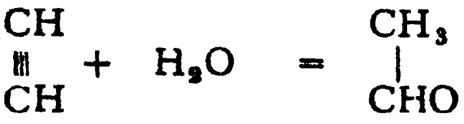
বেঞ্জিন বা ষড়ভুজ সংবৃত্তাকার যৌগ
(Closed or cyclic compound)

(v) **ধাতব অ্যাসিটিলাইড** (Metallic acetylide): অ্যামোনিয়া মিশ্রিত সিলভার বা কপারের লবণের (Cu_2Cl_2 বা $AgNO_3$) দ্রবণের মধ্যে অ্যাসিটিলিন গ্যাস চালাইলে পীতাভ সিলভার অ্যাসিটিলাইড বা লাল কপার অ্যাসিটিলাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$C_2H_2 + Cu_2Cl_2 \rightarrow Cu_2C_2 \downarrow + 2HCl$$

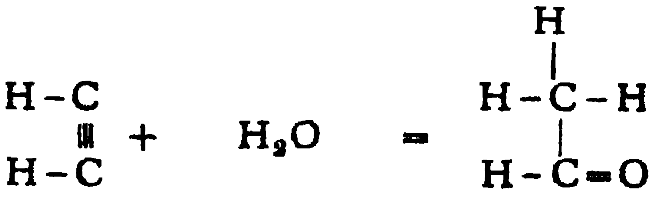
$$C_2H_2 + 2AgNO_3 \rightarrow Ag_2C_2 \downarrow + 2HNO_3$$

(vi) **জলের সঙ্গে বিক্রিয়া ও অ্যালডিহাইড গঠন** (Aldehyde from acetylene): মারকিউরিক সালফেট বা অক্সাইড মিশ্রিত লঘু ও উষ্ণ সালফিউরিক অ্যাসিডের (H_2SO_4) মধ্যে অ্যাসিটিলিন গ্যাস (C_2H_2) চালাইলে জলের সংযোগে অ্যাসিটিলিন অ্যাসিট্যালডিহাইডে পরিণত হয়। যথা :



$$\begin{matrix} CH \\ ||| \\ CH \end{matrix} + H_2O = \begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CHO \end{matrix}$$

অ্যাসিটিলিন জল অ্যাসিট্যালডিহাইড



$$\begin{matrix} H-C \\ \;\;||| \\ H-C \end{matrix} + H_2O = \begin{matrix} H \\ | \\ H-C-H \\ | \\ H-C=O \end{matrix}$$

ব্যবহার (Uses): (i) অক্সিজেন ও অ্যাসিটিলিনের মিশ্রণে প্রায় 3500°C তাপাংকের অক্সি-অ্যাসিটিলিন শিখা সৃষ্টি হয়। এই শিখা সমস্ত

রকম ধাতু বিশেষ করিয়া লোহা ও ইস্পাত গলাইবার, ছিদ্র করিবার ও জোড়া দেওয়ার জন্য ব্যবহার করা হয়। (ii) প্রদীপ্ত শিখা জ্বালাইবার জন্য, (iii) কৃত্রিম রবার তৈরী করার জন্য, এবং (iv) অ্যাসেটিক অ্যাসিড, অ্যাসিট্যালডিহাইড, অ্যাসিটোন ইত্যাদি জৈব যৌগ প্রস্তুতির জন্য।

হাইড্রো-কার্বনের হ্যালোজেন সঞ্জাত যৌগ

(Halogen derivatives of hydrocarbons)

[পাঠ্য বিষয়ের নির্দেশ অনুযায়ী ক্লোরোফর্ম, আয়ডোফর্ম, ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইড উদাহরণ শুধু পঠনীয়—ইহাদের প্রস্তুতি বা বিক্রিয়া পঠনীয় নয়।]

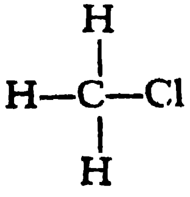
সম্পৃক্ত হাইড্রো-কার্বনের হাইড্রোজেন পরমাণু হ্যালোজেন তথা ক্লোরিন, ব্রোমিন বা আইয়োডিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া হাইড্রো-কার্বনের বিভিন্ন হ্যালাইড গঠন করা যায়। ইহা পূর্বেই হাইড্রো-কার্বন প্রসঙ্গে আলোচিত হইয়াছে। হ্যালোজেন যৌগের উদাহরণ :

(i) CH_3Cl মিথাইল ক্লোরাইড; CH_3Br মিথাইল ব্রোমাইড; CH_2I মিথাইল আয়োডাইড

(ii) CH_2Cl_2 মিথিলিন ক্লোরাইড; CH_2Br_2 মিথিলিন ব্রোমাইড; CH_2I_2 মিথিলিন আয়োডাইড

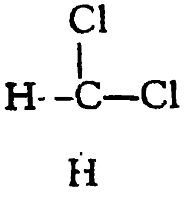
(iii) $CHCl_3$ ক্লোরোফর্ম; $CHBr_3$ ব্রোমোফর্ম; CHI_3 আয়োডোফর্ম

(vi) CCl_4 কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড; CBr_4 কার্বন টেট্রা-ব্রোমাইড; CI_4 কার্বন টেট্রাআয়োডাইড



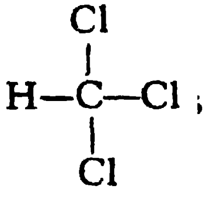
$$\begin{array}{c} H \\ | \\ H-C-Cl \\ | \\ H \end{array}$$

মিথাইল ক্লোরাইড



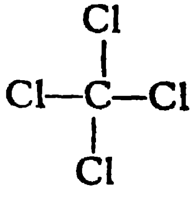
$$\begin{array}{c} Cl \\ | \\ H-C-Cl \\ | \\ H \end{array}$$

মিথিলিন ক্লোরাইড



$$\begin{array}{c} Cl \\ | \\ H-C-Cl \\ | \\ Cl \end{array}$$

ক্লোরোফর্ম

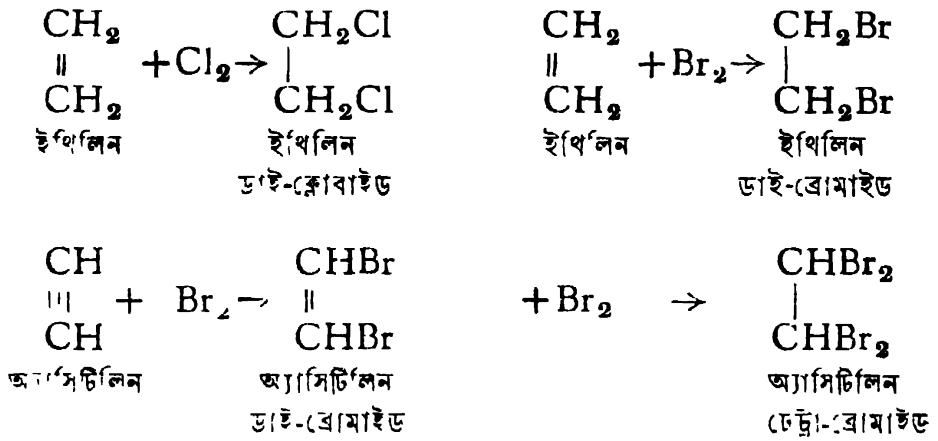


$$\begin{array}{c} Cl \\ | \\ Cl-C-Cl \\ | \\ Cl \end{array}$$

কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড

উচ্চতর হাইড্রো-কার্বনের এরূপ হ্যালাইড যৌগ গঠন করা যায়। এই হ্যালাইড যৌগগুলির মধ্যে ক্লোরোফর্ম, আয়োডোফর্ম ও কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড বিশেষ প্রয়োজনীয় দ্রব্য।

অসম্পৃক্ত হাইড্রো-কার্বনকেও হ্যালাইড যৌগে পরিণত করা যায়। কিন্তু এরূপ হাইড্রো-কার্বনের অসম্পৃক্ততার জন্য হ্যালাইড যৌগ গঠিত হয় যুত-যৌগ গঠনের পদ্ধতিতে (additive), প্রতিস্থাপন পদ্ধতিতে নয়। নীচে অসম্পৃক্ত হাইড্রো-কার্বনের কয়েকটি হ্যালাইড যৌগ দেওয়া হইল। ইহাদের গঠন পূর্বেই আলোচনা করা হইয়াছে।



$$\begin{array}{c}CH_2\\ \|\\ CH_2\end{array} + Cl_2 \rightarrow \begin{array}{c}CH_2Cl\\ |\\ CH_2Cl\end{array} \qquad \begin{array}{c}CH_2\\ \|\\ CH_2\end{array} + Br_2 \rightarrow \begin{array}{c}CH_2Br\\ |\\ CH_2Br\end{array}$$

ইথিলিন ইথিলিন ডাই-ক্লোরাইড ইথিলিন ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইড

$$\begin{array}{c}CH\\ |||\\ CH\end{array} + Br_2 \rightarrow \begin{array}{c}CHBr\\ \|\\ CHBr\end{array} + Br_2 \rightarrow \begin{array}{c}CHBr_2\\ |\\ CHBr_2\end{array}$$

অ্যাসিটিলিন অ্যাসিটিলিন ডাই-ব্রোমাইড অ্যাসিটিলিন টেট্রা-ব্রোমাইড

হ্যালোজেন সঞ্জাত যৌগ বা ডেরিভেটিভস

নাম	ফর্মুলা	অবস্থা	স্ফুটনাংক
মিথাইল ক্লোরাইড	CH_3Cl	গ্যাস	−24°C
মিথিলিন ক্লোরাইড	CH_2Cl_2	তরল	40°C
ক্লোরোফর্ম	$CHCl_3$	তরল	61.5°C
কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড	CCl_4	তরল	76°C
ব্রোমোফর্ম	$CHBr_3$	তরল	151°C
আয়োডোফর্ম	CHI_3	কঠিন	. .

কয়েকটি প্রধান হ্যালোজেন যৌগ

1. **মিথাইল ক্লোরাইড** (CH_3Cl) : ইহা একটি বর্ণহীন ও সুমিষ্ট গ্যাসীয় পদার্থ। মিথেনের সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় ইহা তৈরী করা যায়। ছোট ছোট অস্ত্রোপচারে স্থানীয় বিবশক (local anaesthetic) রূপে এই গ্যাস ব্যবহার করা হয়। হিমকারক রূপেও অনেক সময় রেফ্রিজারেটারে ইহা ব্যবহৃত হয়।

HCl_3) : মিথেনের (CH_4) তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া পাওয়া যায়

ক্লোরোফর্ম ($CHCl_3$)। প্যারাফিনের হ্যালোজেন যৌগের মধ্যে ইহাই সবচেয়ে মূল্যবান যৌগ। ক্লোরোফর্ম সুমিষ্ট গন্ধযুক্ত একই বর্ণহীন ভারী তরল। ইহা উদ্বায়ী কিন্তু দহনশীল পদার্থ নয়। ইহা জলে স্বল্প দ্রবণীয় কিন্তু অ্যালকোহল ও ইথারে দ্রবণীয়। ইহা তেল ও চর্বির দ্রাবক। অস্ত্রোপচারের সময় রোগীর জ্ঞান লোপ করিবার জন্য ইহা ব্যাপকভাবে বিবশক রূপে ব্যবহৃত হয়। 1848 খ্রীষ্টাব্দে সিমপ্‌সন (Simpson) নামে এডিনবার্গের এক ডাক্তার ইহার **বিবশক গুণ** আবিষ্কার করেন। বায়ু ও আলোকের সংস্পর্শে ক্লোরোফর্ম কার্বনিল ক্লোরাইড ($COCl_2$) বা ক্লোরিন, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ইত্যাদি গ্যাস তৈরী করে। কার্বনিল ক্লোরাইড অত্যন্ত বিষাক্ত গ্যাস। বিক্রিয়া :

$$[\ 2CHCl_3 + O_2 = 2HCl + 2COCl_2\ ]$$

তাই, ক্লোরোফর্ম 1% অ্যাল্‌কোহলের সঙ্গে মিশাইয়া ছোট ছোট লাল রঙের বোতলে পুর্ণভাবে ভরিয়া আলোক ও অক্সিজেনের সংস্পর্শ হইতে দূরে রাখা হয়। একবার কোন বোতল খুলিলে তাহা আর দ্বিতীয় বার ব্যবহার করা হয় না।

ইথাইল অ্যালকোহল বা অ্যাসিটোন এবং ব্লিচিং পাউডার একত্র উত্তপ্ত করিয়া ক্লোরোফর্ম বাণিজ্যিক প্রয়োজনে উৎপন্ন করা হয়। একটি ফ্লাস্কে সিক্ত ব্লিচিং পাউডারের মধ্যে ইথাইল অ্যালকোহল বা অ্যাসিটোন ঢালিয়া অল্প উত্তপ্ত করিলে ক্লোরোফর্ম গঠিত হয় এবং পাতিত হইয়া গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত হয়।

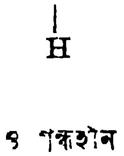
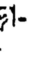
3. **আয়োডোফর্ম** (CHI_3) : মিথেনের (CH_4) তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু আয়োডিন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া পাওয়া যায় আয়োডোফর্ম (CHI_3)। আয়োডোফর্ম হালকা হলুদ বর্ণের স্ফটিকাকার পদার্থ। ইহা একটি বিশেষ তীব্র দুর্গন্ধযুক্ত যৌগ। ইহা জলে অদ্রবণীয় কিন্তু অ্যালকোহলে দ্রবণীয়। ইহা অ্যান্টিসেপ্‌টিক অর্থাৎ, বীজাণুনাশক ঔষধরূপে ব্যবহার করা হয়। ক্ষত বাঁধার জন্যও ইহা ব্যবহার করা হয়। ইথাইল অ্যালকোহলের সঙ্গে আয়োডিন ও কষ্টিক সোডার বিক্রিয়ায় আয়োডোফর্ম গঠিত হয়।

4. **কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড** (CCl_4) : মিথেনের (CH_4) সব কয়টি হাইড্রোজেন পরমাণু ক্লোরিন দ্বারা সম্পূর্ণরূপে প্রতিস্থাপিত (substitution) করিয়া যে ভারী তরল পদার্থটি পাওয়া যায় তাহাই কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড। ইহা বর্ণহীন, অদহনীয় এবং সুমিষ্ট গন্ধযুক্ত। তেল ও চর্বির দ্রাবক রূপে, অগ্নিনির্বাপক রূপে এবং শুষ্ক পদ্ধতিতে বস্ত্রাদি ধৌত করার জন্য ইহা ব্যবহার করা হয়।

এই যৌগগুলির প্রস্তুতি মিথেনের অধ্যায়ে বর্ণনা করা হইয়াছে।

5. **ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইড** ($C_2H_4Br_2$) ; ইহা একটি তরল পদার্থ। ইহার স্ফুটনাংক 132°C , কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইডে ব্রোমিন দ্রবীভূত করিয়া তাহার মধ্যে ইথিলিন গ্যাস চালাইলে ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইড তৈরী হয়। মোটর গাড়ীর এঞ্জিন রক্ষা করার জন্য ইহা পেট্রলের সঙ্গে মিশাইয়া ব্যবহার করা হয়।

মিথেন, ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিনের ধর্মগত তুলনা (Comparison of properties of Methane, Ethylene and Acetylene)

ধর্মীয় সংকেত	মিথেন (CH_4)	ইথিলিন (C_2H_4)	অ্যাসিটিলিন (C_2H_2)
1 হাইড্রো-কার্বনের প্রকৃতি ও ফর্মুলা	সম্পৃক্ত হাইড্রো-কার্বন  $\mathrm{H{-}\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{C}}{-}H}$	অসম্পৃক্ত দ্বিবন্ধ হাইড্রো-কার্বন  $\mathrm{H{-}\overset{\displaystyle H}{C}{=}\overset{\displaystyle H}{C}{-}H}$	অসম্পৃক্ত ত্রিবন্ধ $H-C\equiv C-H$ হাইড্রো-কার্বন
2 বর্ণ, গন্ধ, ঘনত্ব ও দ্রাব্যতা	বর্ণ, স্বাদ ও গন্ধহীন গ্যাস, বায়ুর চেয়ে হালকা (বাঃ ঘ—8) জলে অদ্রাব্য।	বর্ণহীন সুমিষ্ট গ্যাস, প্রায় বায়ুর সমান ওজন (বাঃ ঘ—14) জলে সামান্য দ্রাব্য।	বিশুদ্ধ গ্যাস বর্ণহীন ও সুমিষ্ট ; অবিশুদ্ধ গ্যাস দুর্গন্ধময়। বায়ুর চেয়ে স্বল্প হালকা (বাঃ ঘ—13) জলে অনেকাংশে দ্রাব্য

ধর্মীয় সংকেত	মিথেন (CH_4)	ইথিলিন (C_2H_4)	অ্যাসিটিলিন (C_2H_2)
4. দহনশীলতা	(i) অগ্নিস্পর্শে বায়ুতে নীলাভ শিখায় জ্বলে। (ii) দ্বিগুণ আয়তন অক্সিজেন মিশ্রণে অগ্নিস্পর্শে বিস্ফোরণ ঘটে। CH_4+2O_2 $=CO_2+2H_2O$	(i) অগ্নিস্পর্শে প্রদীপ্ত শিখায় জ্বলে। (ii) তিন আয়তন অক্সিজেন মিশ্রণে অগ্নিস্পর্শে প্রচণ্ড বিস্ফোরণ ঘটে; $C_2H_4+3O_2$ $=2CO_2+2H_2O$	(i) প্রদীপ্ত ধূম্র-শিখায় বায়ুতে জ্বলে। (ii) আড়াই আয়তন অক্সিজেন মিশ্রণে বিস্ফোরণ ঘটে। $2C_2H_2+5O_2$ $=4CO_2+2H_2O$
5. সক্রিয়তা	সম্পৃক্ত যৌগ বলিয়া নিষ্ক্রিয়; যুত যৌগ গঠনে অক্ষম; হ্যালোজেন দ্বারা ইহার হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয়।	অসম্পৃক্ত বলিয়া বিশেষ সক্রিয়, এবং যুতযৌগ (additive compound) গঠনে সক্ষম।	ত্রিবন্ধী অসম্পৃক্ত বলিয়া খুব সক্রিয় এবং যুতযৌগ গঠনে সক্ষম।
6 হাইড্রোজেন সংযোজন	নিষ্ক্রিয় বলিয়া অনুঘটকের সাহায্যেও হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় না।	সক্রিয় বলিয়া অনুঘটকের সাহায্যে (Pt, Ni বা Pd) হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া ইথেন গঠন করে। $C_2H_4+H_2=C_2H_6$	সক্রিয় বলিয়া অনুঘটকের সাহায্যে (Pt, Ni বা Pd) হাইড্রোজেনের সংযোগে পরপর ইথিলিন ও ইথেন গঠন করে। $C_2H_2+H_2=C_2H_4$ $C_2H_4+H_2=C_2H_6$
7 বাদামী বর্ণের ব্রোমিন-জলের বিক্রিয়া	বর্ণ অপরিবর্তিত থাকে।	ইথিলিন ব্রোমাইড নামে বর্ণহীন যুতযৌগ গঠিত হয়। $C_2H_4+Br_2$ $=C_2H_4Br_2$	প্রথমে বর্ণহীন অ্যাসিটিলিন ডাইব্রোমাইড এবং পরে টেট্রাব্রোমাইড যুতযৌগ গঠিত হয়। $C_2H_2+Br_2$ $=C_2H_2Br_2$ $C_2H_2Br_2+Br_2$ $=C_2H_2Br_4$

ধর্মীয় সংকেত	মিথেন (CH_4)	ইথিলিন (C_2H_4)	অ্যাসিটিলিন (C_2H_2)
8. ক্লোরিনের বিক্রিয়া	(i) বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকে পরপর হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হইয়া চার রকম যৌগ গঠন করে। CH_4+Cl_2 $=CH_3Cl+HCl$ CH_3Cl+Cl_2 $=CH_2Cl_2+HCl$ $CH_2Cl_2+Cl_2$ $=CHCl_3+HCl$ $CHCl_3+Cl_2$ $=CCl_4+HCl$ (ii) উজ্জ্বল আলোকে কার্বন ও HCl তৈরী হয়। CH_4+2Cl_2 $=C+4HCl$	(i) যুতযোগ ইথিলিন ডাইক্লোরাইড গঠিত হয়। $C_2H_4+Cl_2$ $=C_2H_4Cl_2$ (ii) ইথিলিন ও ক্লোরিন মিশ্রণে অগ্নিস্পর্শে কার্বন ও HCl গঠিত হয়। $C_2H_4+2Cl_2$ $=4HCl+2C$	(i) প্রত্যক্ষ বিক্রিয়ায় জ্বলিয়া ওঠে এবং কার্বন ও HCl গঠিত হয়। $C_2H_2+Cl_2$ $=2HCl+2C$ (ii) অপ্রত্যক্ষ বিক্রিয়ায় যুতযোগ গঠিত হয়। $C_2H_2+Cl_2$ $=C_2H_2Cl_2$ $C_2H_2Cl_2+Cl_2$ $=C_2H_2Cl_4$
9 হ্যালোজেন অ্যাসিডের বিক্রিয়া	বিক্রিয়াহীন।	যুতযোগ গঠন করে। C_2H_4+HBr $=C_2H_5Br$	যুতযোগ গঠন করে। C_2H_2+HBr $=C_2H_3Br$ $C_2H_3Br+HBr$ $=C_2H_4Br_2$
10 ঘন H_2SO_4	বিক্রিয়াহীন।	ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট গঠিত হয়। $C_2H_4+H_2SO_4$ $=C_2H_5-HSO_4$	গ্যাস শোষিত হয় এবং $CH_3CH(HSO_4)_2$ গঠিত হয়।
11 অ্যামোনিয়াক্যাল কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণ	বিক্রিয়াহীন।	বিক্রিয়াহীন।	লাল অধঃক্ষেপ পড়ে। $Cu_2Cl_2+C_2H_2$ $=Cu_2C_2+2HCl$
12 অ্যামোনিয়াক্যাল সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ	বিক্রিয়াহীন।	বিক্রিয়াহীন।	সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে; $2AgNO_3+C_2H_2$ $=Ag_2C_2+2HNO_3$
13. শোষক	কোন রাসায়নিকে শোষিত হয় না।	ব্রোমিন জল এবং ঘন H_2SO_4 শোষণ করে।	ব্রোমিন জল, ঘন H_2SO_4 এবং অ্যামোনিয়াক্যাল কিউপ্রাস ক্লোরাইড শোষণ করে।

Questions to be discussed

1. What is a hydrocarbon ? What do you understand by saturated and unsaturated hydrocarbons ? Give examples and structural formula of each type of hydrocarbon.

2. Describe a method of preparation of methane. What is substitution ? What are the chlorine substitution products of methane ? Give equations. What are the condition of such substitution reaction ?

3. Why ethylene and acetylene are called unsaturated hydrocarbons ? What products are obtained when they are saturated ? Give their structural formula. What is an additive compound ? What are the additive compounds of acetylene ?

4 How is ethylene prepared ? What are the reactions of ethylene with air and bromine ? How would you prepare ethylene ?

5. Describe a method of preparation of acetylene Can you prepare acetylene synthetically ? Which is more reactive—methane or acetylene ? What are the uses of acetylene ?

6. What are halogen compounds of hydrocarbons ? What are the principles of their formation from saturated and unsaturated hydrocarbons ? Give examples of chlorine derivatives.

7. Write notes on the properties of chloroform, iodoform and carbon tetra-chloride. What are their uses ?

8 What is marsh gas ? What is the gas generated by the bunsen burner when it strikes back ? Give the equations of their preparation and mention their uses.

9 Write short notes on : (i) Unsaturated compound, (ii) Substitution reaction and (iii) Additive reaction. Give examples in each case.

10. Compare the properties of methane, ethylene and acetylene.

11. How would you separate methane from ethylene and acetylene from a mixture of the three gases ?

[**Hints** :—Use ammoniacal cuprous chloride to remove acetylene , then fuming H_2SO_4 to remove ethylene.]

12. How is acetylene prepared ? State two of its uses. Mention two reactions which show that it is a saturated compound. Give equations with structural formula of the compounds. State two other properties of acetylene.

[*H. S. Exam. 1961*]

13. How is ethylene prepared in the laboratory ? What is its structural formula ? Give structural formulae of the compounds it forms with *(a)* hydrogen, (*b*) conc. H_2SO_4, (*c*) $KMnO_4$ sol

Give one test by which it may be distinguished from (*a*) methane (*b*) acetylene.

14. Write what you know about the following .—

(*a*) Homologous series, (*b*) Saturated and unsaturated compounds Illustrate your answer with examples [*H. S. 1963*]

15. Write breifly what you know about—(a) chloroform and (b) iodoform [*H. S.* (*comp.*) *1963*]

16. How is acetylene prepared in the laboratory ? Give a sketch of the apparatus. State the properties of the compound By what reactions would you prove that this is an unsaturated substance ? Give equations [*H. S. 1965*]

17. How is ethylene prepared in the laboratory ? Give neat sketch Mention proportion of the reacting substance and temperature of reaction Give equation with structural formulae What happens when (*a*) ethylene mixed with hydrogen is passed over platinum (*b*) bromine reacts with ethylene Why is it considered as an unsaturated compound ? [*H. S. 1964*]

18. How is methane prepared in the laboratory ? How would you prove that it is a compound of hydrogen and carbon ? What happens when a mixture of methane and chlorine is kept in diffused sunlight ? Give equations and name the compounds formed What is your conclusion about the nature of methane ?

[*H. S.* (*comp*) *1963*]

৫

অ্যালকোহল বা কোহল

পরিচয় : অতি প্রাচীনকালেও অ্যালকোহল তৈরী করার উপায় জানা ছিল। গুড়, ফলের রস, ভাত ইত্যাদি পচাইয়া এবং গাঁজাইয়া অর্থাৎ সন্ধান করিয়া অ্যালকোহল তৈরী করা হইত। সুরা, মদ্য, বা সাধারণ অ্যালকোহল নামে যে পদার্থটি পরিচিত তাহা ইথাইল অ্যালকোহল।

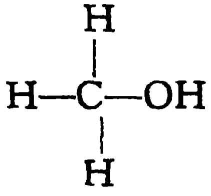
সাধারণ হাইড্রোকার্বনের (CH_4) এক বা একাধিক হাইড্রোজেন (H) পরমাণু হাইড্রোক্সিল মূলক (OH) দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে যে যৌগটি তৈরী হয় তাহাই **অ্যালকোহল**। হাইড্রোকার্বনের নাম অনুযায়ী এরূপ অ্যালকোহলের নামকরণ করা হয়। যথা :

হাইড্রোকার্বন	ফর্মুলা	অ্যালকোহল
মিথেন—CH_4	CH_3OH	মিথাইল অ্যালকোহল বা মিথানল
ইথেন—C_2H_6	C_2H_5OH	ইথাইল অ্যালকোহল বা ইথানল
প্রোপেন—C_3H_8	C_3H_7OH	প্রোপাইল অ্যালকোহল বা প্রোপানল

হাইড্রোক্সিল মূলকের সংখ্যানুযায়ী তিন শ্রেণীর অ্যালকোহল গঠিত হয়। একটি হাইড্রোক্সিল মূলক-যুক্ত অ্যালকোহলকে মনো-হাইড্রিক (mono-hydric), দুইটি OH-মূলক যুক্তকে **ডাই-হাইড্রিক** (di-hydric) এবং তিনটি OH-মূলক যুক্তকে **ট্রাই-হাইড্রিক** (tri-hydric) অ্যালকোহল বলা হয়। সাধারণভাবে একাধিক মূলকযুক্ত অ্যালকোহলকে **পলি-হাইড্রিক** (polyhydric) **অ্যালকোহল** বলা হয়। যথা :

মনো-হাইড্রিক	**ডাই-হাইড্রিক**	**ট্রাই-হাইড্রিক**
CH_3OH মিথাইল অ্যালকোহল C_2H_5CH ইথাইল অ্যালকোহল	CH_2OH | CH_2OH গ্লাইকল	CH_2OH | $CHOH$ | CH_2OH গ্লিসারল

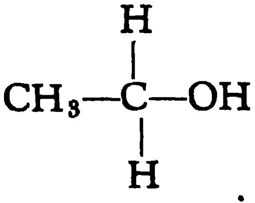
অ্যালকোহলের শ্রেণী-ভাগ : যে অ্যালকোহলে ($-CH_2OH$) গ্রুপ বর্তমান তাহাকে বলা হয় **প্রাইমারী অ্যালকোহল** (Primary alcohol)। যথা : মিথাইল অ্যালকোহল CH_3OH এবং ইথাইল অ্যালকোহল CH_3CH_2OH, বা,



$$H-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{C}}-OH$$

মিথাইল অ্যালকোহল

এবং

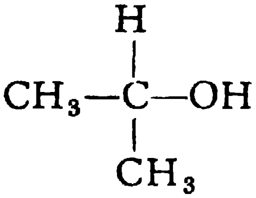


$$CH_3-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{C}}-OH$$

ইথাইল অ্যালকোহল

যে অ্যালকোহল ($=CHOH$) গ্রুপ বর্তমান তাহাকে **সেকেণ্ডারী অ্যালকোহল** (Secondary alcohol) বলা হয়। যথা :

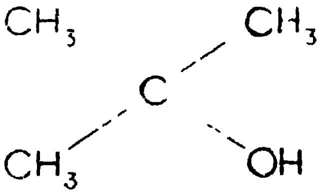
আইসো-প্রোপাইল অ্যালকোহল : $CH_3-CHOH-CH_3$ বা



$$CH_3-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle CH_3}{C}}-OH$$

যে অ্যালকোহলে ($\equiv COH$) গ্রুপ বর্তমান তাহাকে **টারসিয়ারী অ্যালকোহল** (Tertiary alcohol) বলা হয়। যথা :

টারসিয়ারী বিউটাইল অ্যালকোহল :



অ্যালকোহলের সাধারণ ধর্ম ও উৎস

অ্যালকোহল মাত্রেই বর্ণহীন প্রশম পদার্থ। অল্প আণবিক ওজনে অ্যালকোহল তরল, কিন্তু ভারী অ্যালকোহল কঠিন পদার্থ। তরল অ্যালকোহলের এক রকমের বিশেষ গন্ধ বর্তমান। ইহা পান করিলে গলা জ্বলে। ইহা জলে মোটামুটি দ্রবণীয়। উচ্চতর ওজনের অ্যালকোহলের গন্ধ, স্বাদ ও দ্রবণীয়তা হ্রাস পায়।

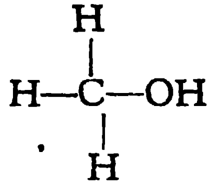
[illegible] জানিলে অন্যান্য অ্যালকোহলের ধর্ম মোটামুটি

ইথাইল, প্রোপাইল, বিউটাইল, এবং অ্যামাইল অ্যালকোহল স্টার্চ জাতীয় পদার্থ সন্ধান বা ফারমেণ্ট করিয়া তৈরী করা হয়। মিথাইল অ্যালকোহল কাঠ পাতন পদ্ধতিতে তৈরী করা যায়। বর্তমানে অনেক অ্যালকোহল সংশ্লেষণী পদ্ধতিতে তৈরী করা হয়।

1 মিথাইল অ্যালকোহল বা মিথানল

(Methyl alcohol or Methanol : CH_3OH)

মিথাইল অ্যালকোহলের সংযুতি ফর্মুলা
(Structural formula)



$$\begin{array}{c} H \\ | \\ H-C-OH \\ | \\ H \end{array}$$

কাঠ পাতিত করিয়া মিথাইল অ্যালকোহল তৈরী করা হয় বলিয়া ইহাকে বাণিজ্যিক ভাষায় **উড স্পিরিট** বা **উড ন্যাপথা** (Wood Spirit or Wood Naphtha) বলা হয়।

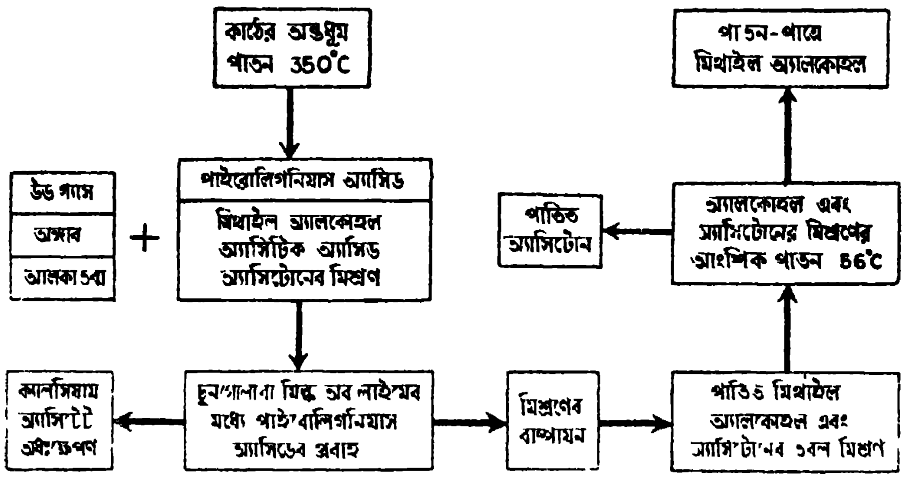
মিথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুতি

(Preparation of methyl alcohol)

1. **কাঠের অন্তর্ধূম পাতন পদ্ধতি** (Destructive distillation of wood) : (i) বায়ুরুদ্ধ লোহার রিটর্টের মধ্যে খণ্ড খণ্ড করিয়া কাটিয়া কাঠ ভরা হয়। এই কাঠ অন্তর্ধূম পাতন পদ্ধতিতে 350°C তাপাংকে এবং 30 ঘণ্টা পর্যন্ত পাতিত করা হয় [চিত্র 401 পৃষ্ঠা]। এরূপ পাতনের ফলে 'পাইরোলিগনিয়াস' অ্যাসিড নামে একটি তরল পদার্থ গ্রাহক পাত্রে পাতিত বস্তুরূপে পাওয়া যায়। ইহাতে 2—4 % অংশ মিথাইল অ্যালকোহল (CH_3OH) থাকে। এরূপ পাতন পন্থায় তরল 'পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড' ছাড়াও **'উড গ্যাস'** (wood gas) নামে এক প্রকার গ্যাস এবং কাঠের **আলকাতরা** (tar) ও **অঙ্গার** (charcoal) পাওয়া যায় [401 পৃষ্ঠা দ্রষ্টব্য]।

(ii) পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিডে **মিথাইল অ্যালকোহলের** সঙ্গে প্রায় 10% **অ্যাসিটিক অ্যাসিড** এবং বাকী অংশে জল ও স্বল্প পরিমাণে **অ্যাসিটোন** থাকে। এই পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড প্রথমে বাষ্পায়িত করিয়া **তপ্ত চুন**

গোলার (milk of lime) মধ্যে প্রবাহিত করা হয়। (iii) ইহার ফলে অ্যাসিটিক অ্যাসিড চুনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট গঠন করে


কাঠ-পাতন পদ্ধতিতে মিথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুতি
কাঠের অন্তর্ধূম পাতন 350°C
পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড
মিথাইল অ্যালকোহল অ্যাসিটিক অ্যাসিড অ্যাসিটোনের মিশ্রণ
উড গ্যাস
অঙ্গার
আলকাতরা
+
চুনগোলা বা মিল্ক অব লাইমের মধ্যে পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিডের প্রবাহ
ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট অধঃক্ষেপণ
মিশ্রণের বাষ্পায়ন
পাতিত মিথাইল অ্যালকোহল এবং অ্যাসিটোনের তরল মিশ্রণ
অ্যালকোহল এবং অ্যাসিটোনের মিশ্রণের আংশিক পাতন 56°C
পাতিত অ্যাসিটোন
পাতন-পাত্রে মিথাইল অ্যালকোহল

এবং মিথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসিটোন জলের সঙ্গে বাষ্পায়িত হয়। [illegible] এই গ্যাস-মিশ্রণকে শীতল করিয়া তরলে পরিণত করা হয়। এই তরলে থাকে মিথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসিটোন মিশ্রণ এবং জল।

[illegible] অ্যাসিটোনের স্ফুটনাংক 56°C, অ্যাসিটোন ও মিথাইল অ্যালকোহলের মিশ্রণ 56°C তাপাংকে **আংশিক পাতন** (fractional distillation) পদ্ধতিতে পাতিত করিলে পাত্রে পড়িয়া থাকে মিথাইল অ্যালকোহল ও জল এবং অ্যাসিটোন বাষ্পায়িত হইয়া যায়।

vi) জল ও মিথাইল অ্যালকোহলের মিশ্রণকে পোড়াচুন (CaO) দ্বারা বিশুদ্ধ করিয়া 64°C তাপাংকে পাতিত করিলে মিথাইল অ্যালকোহল পাতিত হইয়া গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত হয়। এইভাবে কাঠ পাতিত করিয়া মিথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করা হয়। এরূপ অ্যালকোহলে 70 % বিশুদ্ধ মিথাইল অ্যালকোহল আছে। ইহা বারবার আংশিক পাতিত করিয়া 98 % বিশুদ্ধ

হল (Pure Methyl Alcohol) : কাঠ-

তিন ভাগ ওজনের মিথাইল অ্যালকোহল

বিশুদ্ধ বা অনার্দ্র দুই ভাগ ওজনের ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে মিশ্রিত করিয়া জলগাহের উপরে উত্তপ্ত করিলে একরকম মিশ্র স্ফটিক তৈরী হয়। যথা : [$CaCl_2+4CH_3OH$]। ইহা পুনরায় উত্তপ্ত করিলে মিথাইল অ্যালকোহল গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই গ্যাস শীতল করিয়া বিশুদ্ধ মিথাইল অ্যালকোহল রূপে সংগ্রহ করা হয়।

(ii) **মিথাইল ক্লোরাইড** (Methyl chloride) **হইতে :** মিথাইল ক্লোরাইড ও কষ্টিক পটাসের বিক্রিয়ায় মিথাইল অ্যালকোহল পাওয়া যায়। যথা :

$$CH_3Cl + KOH = CH_3OH + KCl$$

মিথাইল ক্লোরাইড ক্ষার মিথাইল অ্যালকোহল

(iii) **সংশ্লেষণী পদ্ধতি** (Synthetic process) : জিংক ও ক্রোমিয়াম অক্সাইডের ন্যায় অনুঘটকের সংস্পর্শে এবং 300 – 600 বায়ু-চাপে ও 350°C – 400°C তাপাংকে কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন অথবা ওয়াটার গ্যাস ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণে বিক্রিয়া ঘটাইয়া মিথাইল অ্যালকোহল তৈরী করা হয়। এইভাবে প্রায় 25% গ্যাস-মিশ্রণকে অ্যালকোহলে পরিণত করা যায়।

$$(CO+H_2) + H_2 \rightleftharpoons CH_3OH$$

ওয়াটার গ্যাস মিথাইল অ্যালকোহল

এই পদ্ধতিতে মিথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুতির ব্যয় কম বলিয়া এখন অধিকাংশ মিথাইল অ্যালকোহল এরূপ সংশ্লেষণী পন্থায় তৈরী করা হয়।

মিথাইল অ্যালকোহলের ধর্ম (Properties)

ভৌত ধর্ম : (i) মিথাইল অ্যালকোহল একটি বর্ণহীন কিন্তু সুমিষ্ট গন্ধযুক্ত তরল পদার্থ। (ii) ইহার স্বাদ ঝাঁঝালো এবং ইহা বিষাক্ত। (iii) ইহা জলের চেয়ে হাল্কা এবং ইহার স্ফুটনাং 64°C , (iv) ইহা জলের সঙ্গে সকল রকম অনুপাতে মিশ্রিত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) **ক্ষারীয় ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া** (Action of alkali metal) **:** রাসায়নিক বিক্রিয়ায় জলের সঙ্গে অ্যালকোহলের অনেকাংশে সাদৃশ্য বর্তমান। তীব্র পজেটিভ ধর্মী সোডিয়াম, পটাসিয়াম ইত্যাদি ধাতু অ্যালকোহলের হাইড্রোক্সিল মূলকের একটি হাইড্রোজেন

প্রতিস্থাপিত করে। এরূপ বিক্রিয়া জল ও সোডিয়ামেব বিক্রিয়াব সঙ্গে তুলনীয়। যথা :

$$2HOH + 2Na = 2NaOH + H_2\uparrow$$

জল সোডিযাম হাইড্রোক্সাইড

$$2CH_3OH + 2Na = 2CH_3ONa + H_2$$

মিথাইল অ্যালকোহল সোডিযাম মিথোক্সাইড

(ii) **ক্লোরাইড যৌগ :** ফসফরাস ট্রাই- বা পেণ্টা-ক্লোরাইডের বিক্রিয়া (Action of phosphorous tri- or penta-chloride) : ফসফরাস ট্রাই বা পেণ্টা ক্লোরাইড (PCl_3 বা PCl_5) অ্যাল্কোহলেব হাইড্রোকসিল মূলক (OH) অপসারিত করিয়া **অ্যালকিল ক্লোরাইড** গঠন করে। [হাইড্রোকার্বনের মূলক (CH_3-), (C_2H_5-) ইত্যাদিকে **অ্যালকিল** মূলক বলা হয়।]

$$CH_3OH + PCl_5 \rightarrow CH_3Cl + POCl_3 + HCl$$

মিথাইল অ্যাল্কোহল মিথাইল ক্লোবাইড

লাল ফসফরাস এবং ব্রোমিন বা আইয়োডিন অ্যালকোহলেব হাইড্রোকসিল মূলক প্রতিস্থাপিত কবিয়া হ্যালাইড গঠন করে।

$$2P+3Br_2=2PBr_3\ ,\ PBr_3+3CH_3OH=H_3PO_3+3CH_3Br$$

(iii) **অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Action of acids) : মিথাইল অ্যালকোহল হাইড্রোক্লোবিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় মিথাইল ক্লোবাইড (CH_3Cl) ও জল তৈবী কবে। যথা :

$$CH_3OH+HCl = CH_3Cl+H_2O$$

হাইড্রোক্লোবিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত কবিয়া এবং স্বল্প পবিমাণে অনার্দ্র জিংক ক্লোবাইড মিশাইয়া মিথাইল অ্যালকোহল উত্তপ্ত করিলে পর্যাপ্ত পরিমাণে মিথাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে মিথাইল অ্যালকোহল মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে প্রথমে মিথাইল হাইড্রোজেন সালফেট এবং পরে ডাই-মিথাইল সালফেট গঠিত হয়। যথা :

$$CH_3OH + H_2SO_4 = CH_3HSO_4 + H_2O$$

মিথাইল হাইড্রোজেন সালফেট

$$(CH_3)_2SO_4 + H_2SO_4$$

ডাই-মিথাইল সালফেট

(গ) মিথাইল অ্যালকোহল (CH_3OH) পরিমাণে অতিরিক্ত হইলে ডাই-মিথাইল ইথার গঠিত হয়। যথা :

$$CH_3OH + CH_3-HSO_4 \rightarrow \underset{\text{ডাই-মিথাইল-ইথার}}{CH_3-O-CH_3} + H_2SO_4$$

(iv) **অ্যাসিটিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Action of acetic acid): অ্যাসিটিক অ্যাসিডের সঙ্গে মিথাইল অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় মিথাইল অ্যাসিটেট ও জল গঠিত হয়। যথা :

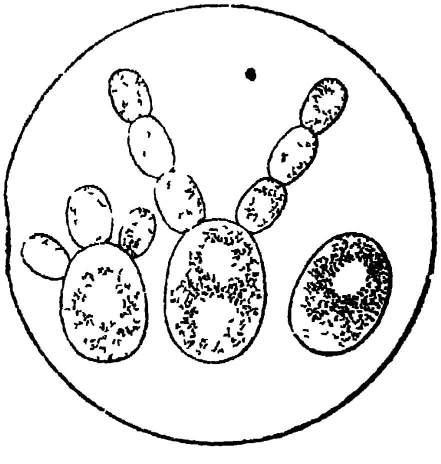
$$CH_3OH + CH_3COOH = CH_3COOCH_3 + H_2O$$

ব্যবহার (Uses): (i) ফরম্যাল্ডিহাইড তৈরী করার জন্য, (ii) আংশিকভাবে রঙ ও সুগন্ধী শিল্পে, (iii) ভার্নিশ তৈরী করার জন্য এবং লাক্ষা ও ক্যাস্টর তেলের দ্রাবকরূপে এবং (iv) পেট্রলের সঙ্গে মিশাইয়া **পাওয়ার অ্যালকোহল** (Power alcohol) রূপে এবং (v) মেথিলেটেড স্পিরিট তৈরী করার জন্য মিথাইল অ্যালকোহল ব্যবহার করা হয়।

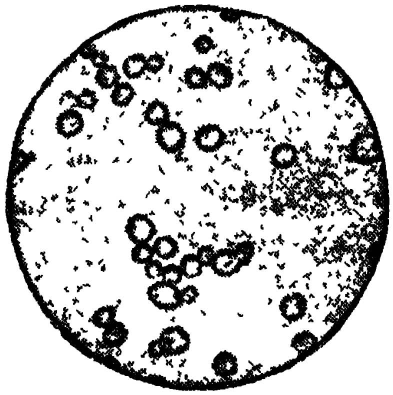
ইথাইল অ্যালকোহল বা ইথানল

(Ethyl Alcohol or Ethanol)

ইথাইল অ্যালকোহলই সাধারণ সুরাসার, মদ্য বা অ্যালকোহল নামে পরিচিত। প্রাচীনকালেও ইহার প্রস্তুতি-পন্থা জানা ছিল।



ঈস্টের বহুগুণ বর্ধিত চিত্র



এনজাইমের বহুগুণ বর্ধিত চিত্র

1. গ্লুকোজ বা ফ্রাকটোজ হইতে সন্ধান ক্রিয়ায় ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুতি (Ethyl Alcohol by fermenation of Glucose or Fructose):

গ্লুকোজ দ্রবণে 15°C তাপাংকে ঈস্ট (yeast) বা জাইমেস (Zymase) মিশ্রিত করিলে গ্লুকোজের মধ্যে সন্ধান ক্রিয়া বা ফার্মেন্টেশন সুরু হয় এবং

এরূপ বিক্রিয়ায় ইথাইল অ্যালকোহল ও কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী হয়। উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড অজস্র বুদ্‌বুদের আকারে দ্রবণ হইতে নির্গত হয় এবং ইহার ফলে দ্রবণে ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয় বলিয়া এই পদ্ধতিকে **অ্যালকোহলের সন্ধান ক্রিয়া** বা **ফার্মেণ্টেশন অব অ্যালকোহল** (Alcoholic fermenation) বলা হয়। বিক্রিয়া অনুরূপ :

$$\underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow[\text{বা জাইমেস}]{\text{ঈস্ট}} \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{2C_2H_5OH} + \underset{\text{কার্বন ডাই-অকসাইড}}{2CO_2\uparrow}$$

ঈস্ট (yeast) এককোষী অতিক্ষুদ্র একপ্রকার উদ্ভিদ। ইহার মধ্যে অনেকরকম এনজাইম (enzymes) পাওয়া যায় এবং **জাইমেস** (Zymase) নামে একপ্রকার জটিল নাইট্রোজেন যৌগ তাহার অন্যতম। এই নিষ্প্রাণ রাসায়নিক পদার্থই গ্লুকোজের সন্ধান ক্রিয়া ঘটায়। সুতরাং গ্লুকোজের সন্ধান ক্রিয়ার জন্য ঈস্ট ব্যবহার না করিয়া সরাসরি জাইমেসও ব্যবহার করা যায়।

এনজাইমস (**Enzymes**) : একরকম অতি সূক্ষ্ম রাসায়নিক পদার্থ পাওয়া যায় যেগুলি সুনির্দিষ্টভাবে বিশেষ ক্রিয়াধর্মী। এরূপ পদার্থকে বলা হয় এনজাইম। এরূপ শত শত এনজাইমের সন্ধান পাওয়া গিয়াছে। ঈস্টের মধ্যে অনেক এনজাইম বর্তমান : জাইমেস, মলটেস, ইনভারটেস (Zymase, maltaze, Invertaze etc) ইত্যাদি এরূপ ঈস্টের মধ্যে প্রাপ্ত এনজাইমস।

2. **আখের চিনি হইতে** (**From cane sugar**) : আখের চিনির দ্রবণে 'জাইমেস' জাতীয় এনজাইম সন্ধান ক্রিয়া ঘটাইতে পারে না। এই দ্রবণ 26°C উত্তপ্ত করিয়া ইহার মধ্যে 'ঈস্ট' মিশ্রিত করা হয়। ঈস্টে বর্তমান 'ইনভারটেস' (Invertase) জাতীয় এনজাইম চিনির আর্দ্র বিশ্লেষণ ঘটায়। এরূপ বিক্রিয়া তাপ-উদ্ভাবক বলিয়া তাপাংক 36°C-এ নিয়ন্ত্রিত রাখা হয়। এরূপ বিক্রিয়া দুই তিন দিনে সম্পন্ন করা হয়। বিক্রিয়া অনুরূপ :

$$\underset{\text{আখের চিনি}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow{\text{ইনভার্টেস}} \underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{ফ্রাকটোজ}}{C_6H_{12}O_6}$$

এই গ্লুকোজ ও ফ্রাকটোজকে পরে জাইমেস জাতীয় এনজাইম অ্যালকোহলে [illegible] বিশ্লিষ্ট করে। যথা :

$$\underset{\text{অ্যালকোহল}}{H_5OH} + 2CO_2$$

3. স্টার্চ হইতে ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুতি

(Ethyl alcohol from starch)

গ্লুকোজ দামী পদার্থ বলিয়া শিল্প পদ্ধতিতে স্টার্চ জাতীয় পদার্থ হইতে ইথাইল অ্যালকোহল তৈরী করা হয়। স্টার্চ কার্বোহাইড্রেট (carbohydrate) জাতীয় জৈব যৌগ এবং ইহার সাধারণ ফর্মুলা অনুরূপ : $(C_6H_{10}O_5)_n$। চাউল গম, আলু, বার্লি, ভুট্টা ইত্যাদির মধ্যে স্টার্চ বর্তমান। প্রথমে অনুরূপভাবে স্টার্চ হইতে গ্লুকোজ তৈরী করা হয়। যথা :

(i) গম, আলু জাতীয় পদার্থ খণ্ড খণ্ড বা চূর্ণ করিয়া জলের সঙ্গে চাপের প্রভাবে ফুটাইয়া প্রথমে স্টার্চ দ্রবণ তৈরী করা হয়।

(ii) 50°C তাপাংকে স্টার্চ দ্রবণ উত্তপ্ত করিয়া ইহার মধ্যে মল্ট (malt) মিশ্রিত করা হয়। [মল্ট জলে পচানো বার্লি।] মল্টে বর্তমান 'ডায়াস্টেস' (diastase) নামক এক প্রকার এনজাইম স্টার্চ দ্রবণকে মলটোজে (Maltose) পরিণত করে [মলটোজ সুমিষ্ট পদার্থ এবং চিনিরূপে পরিচিত]। যথা :

$$\underset{\text{স্টার্চ}}{2[C_6H_{10}O_5]_n} + \underset{\text{জল}}{nH_2O} \xrightarrow[\text{এনজাইম}]{\text{ডায়াস্টেস}} \underset{\text{মলটোজ}}{n(C_{12}H_{22}O_{11})}$$

[n = একটি অনির্দিষ্ট সংখ্যা।]

(iii) এই মলটোজ ফুটাইয়া ডায়াস্টেস এনজাইমকে নিষ্ক্রিয় করা হয় এবং এই মলটোজ দ্রবণের উষ্ণতা 15°C তাপাংকে নামাইয়া ইহার মধ্যে ঈস্ট (yeast) মিশ্রিত করা হয়। এই ঈস্টের মধ্যে যে মলটেস্ নামক এনজাইম বর্তমান তাহা মলটোজকে গ্লুকোজে পরিণত করে। যথা :

$$\underset{\text{মলটোজ}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + \underset{\text{জল}}{H_2O} \xrightarrow[\text{এনজাইম}]{\text{মলটেস}} \underset{\text{গ্লুকোজ}}{2C_6H_{12}O_6}$$

(iv) পরবর্তী পর্যায়ে ঈস্টে বর্তমান জাইমেস নামক এনজাইম গ্লুকোজের ফার্মেণ্টেশন ক্রিয়া ঘটাইয়া ইথাইল অ্যালকোহল ও কার্বন ডাই-অকসাইড গঠন করে। যথা :

$$\underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow[\text{এনজাইম}]{\text{জাইমেস}} \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{2C_2H_5OH} + 2CO_2\uparrow$$

এরূপ উপায়ে মাত্র 10% অ্যালকোহল পাওয়া যায়। ইহা আংশিক পাতন পদ্ধতিতে 95·6% অ্যালকোহলে পরিণত করা হয়। এরূপ অ্যালকোহলকে বলা হয় **রেকটিফাইড স্পিরিট** (Rectified spirit)।

4. **শিল্পায়ত সংশ্লেষণী পদ্ধতি** (**Commercial synthesis**) : নিম্ন তাপাংকে (0°C−15°C) ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড ইথিলিন শোষণ করিয়া ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট গঠন করে। অতিরিক্ত গরম জলে ইহা মিশ্রিত করিয়া ফুটাইলে আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলে ইথাইল অ্যালকোহল তৈরী হয়। যথা :

$$(\text{i})\quad \begin{matrix}CH_2\\ \|\\ CH_2\end{matrix} + H_2SO_4 = \underset{\text{ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট}}{CH_3-CH_2(HSO_4)}$$

$$(\text{ii})\quad CH_3CH_2HSO_4 + H_2O = \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3CH_2OH} + H_2SO_4$$

রেকটিফাইড স্পিরিট (Rectified spirit) : বাণিজ্যিক ইথাইল অ্যালকোহলকে রেকটিফাইড স্পিরিট বলা হয়। ইহা 95·6% অ্যালকোহল এবং 4·4% জলের মিশ্রণ। এই মিশ্রণের স্ফুটনাংক 78·15°C তাপাংকে স্থির থাকে বলিয়া আংশিক পাতন পন্থায় এই জল দূর করা সম্ভব নয়। চিকিৎসার কাজে রেকটিফাইড স্পিরিট ব্যবহৃত হয়।

অ্যাবসলিউট বা বিশুদ্ধ অ্যালকোহল (Absolute alcohol) : পোড়া চুনের (CaO) সাহায্যে রেকটিফাইড স্পিরিটের জল শোষণ করিয়া পাতিত করিলে যে অ্যালকোহল তৈরী করা হয় তাহাই অ্যাবসলিউট বা বিশুদ্ধ অ্যালকোহল। ইহার মধ্যে 1−1% জল থাকে। সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ করার জন্য অ্যালকোহল ক্যালসিয়াম ধাতুর (Ca) সংস্পর্শে রাখিয়া পাতিত করিতে হয়।

পাওয়ার অ্যালকোহল (Power Alcohol) : যে দেশে পেট্রল কম পাওয়া যায় সেখানে অ্যাবসলিউট অ্যালকোহল পেট্রোলের সঙ্গে মিশাইয়া তরল জ্বালানী তৈরী করা হয়। এরূপ তরল জ্বালানীকে **পাওয়ার অ্যালকোহল** বলা হয়।

ইথাইল অ্যালকোহলের ধর্ম (Properties)

ভৌত ধর্ম ইথাইল অ্যালকোহল একটি উদ্বায়ী, বর্ণহীন ও নিরপেক্ষ

ইহা সুমিষ্ট গন্ধযুক্ত এবং স্বাদে ঝাঁঝালো

ং হিমাংক −114°C. (iv) জলের সঙ্গে

ইহা সকল অনুপাতে মিশ্রিত করা যায়। (v) ইহা বিভিন্ন জৈব যৌগ দ্রবীভূত করিতে সক্ষম। (vi) ইহা একটি উত্তেজক পদার্থ।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ (i) **ক্ষারীয় ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া** (Action of alkali metal) **ঃ** মিথাইল অ্যালকোহলের ন্যায় ইথাইল অ্যালকোহলের হাইড্রোক্সিল মূলকের হাইড্রোজেনও সোডিয়াম বা পটাসিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায়। যথা :

$$2C_2H_5OH + 2Na \rightarrow H_2\uparrow + 2C_2H_5ONa$$

ইথাইল অ্যালকোহল সোডিয়াম ইথোকসাইড

ইহা জলের সঙ্গে সোডিয়ামের বিক্রিয়ার অনুরূপ :

$$2HOH + 2Na = 2NaOH + H_2\uparrow$$

(ii) **ইথাইল ক্লোরাইড গঠন ঃ ফসফরাস্ পেণ্টা-ক্লোরাইডের বিক্রিয়া** (Action of penta-chlorides of phosphorus) **ঃ** ফসফরাস পেণ্টা-ক্লোরাইডের (PCl_5 কঠিন) বিক্রিয়ায় ক্লোরিন মূলক (Cl) দ্বারা OH মূলক অপসারিত করিয়া ইথাইল ক্লোরাইড গঠিত হয়। যথা :

$C_2H_5OH + PCl_5 \rightarrow C_2H_5Cl$ (ইথাইল ক্লোরাইড)$+ HCl + POCl_3$

(iii) **অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Action of acid) **ঃ** হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গেও ইহা ইথাইল ক্লোরাইড (C_2H_5Cl) গঠন করে। যথা :

$$C_2H_5OH + HCl \rightleftharpoons C_2H_5Cl + H_2O$$

ইথাইল অ্যালকোহল ইথাইল ক্লোরাইড

বিক্রিয়াটি প্রতিমুখী বলিয়া এরূপ প্রণালীতে যথেষ্ট ইথাইল ক্লোরাইড তৈরী হয় না। কিন্তু যদি অ্যালকোহলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস দ্রবীভূত করিয়া কিছু পরিমাণে অনার্দ্র জিংক ক্লোরাইড ($ZnCl_2$) মিশাইয়া উত্তাপ প্রয়োগ করা হয় তাহা হইলে পর্যাপ্ত ইথাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বিভিন্ন অবস্থায় বিভিন্ন পদার্থ গঠিত হয়। যথা :

(ক) 100°C তাপাংকে **সমান আয়তনের** সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) এবং ইথাইল অ্যালকোহল (C_2H_5OH) ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট তৈরী করে। যথা :

$$CH_3CH_2OH + H_2SO_4 = CH_3CH_2HSO_4 + H_2O$$

ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট

(খ) 165°C তাপাংকে এবং **অতিরিক্ত সালফিউরিক অ্যাসিড** (H_2SO_4) প্রয়োগে ইথিলিন (C_2H_4) তৈরী হয়। এরূপ বিক্রিয়ায় **অ্যাসিড জল শোষকের কাজ করে।** যথা :

$$C_2H_5OH + H_2SO_4 = C_2H_4 \text{ (ইথিলিন)} + [H_2O + H_2SO_4]$$

(গ) 140°C তাপাংকে এবং **অতিরিক্ত অ্যালকোহল** প্রয়োগে ইথার তৈরী হয়। যথা :

$$\underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{C_2H_5OH} + C_2H_5HSO_4 \rightarrow \underset{\text{ডাই-ইথাইল ইথার}}{C_2H_5-O-C_2H_5} + H_2SO_4$$

(iv) **ক্লোরোফর্ম গঠন** (Chloroform): ইথাইল অ্যালকোহল ব্লিচিং পাউডার ও জলের বিক্রিয়ায় ক্লোরোফর্ম ($CHCl_3$) গঠন করে।

(v) **আয়োডোফর্ম গঠন** (Iodoform): আয়োডিন ও ক্ষার এবং ইথাইল অ্যালকোহল আয়োডোফর্ম (CHI_3) গঠন করে।

(vi) **হ্যালাইড গঠন** (Halides): লাল ফসফরাসের সংস্পর্শে ব্রোমিন বা আয়োডিনের সঙ্গে ইথাইল অ্যালকোহল ইথাইল ব্রোমাইড বা আয়োডাইড গঠন করে। যথা :

$$2P + 3Br_2 = 2PBr_3$$
$$3C_2H_5OH + PBr_3 = H_3PO_3 + 3C_2H_5Br$$

ব্যবহার (Uses): ইথাইল অ্যালকোহল (i) সুরা বা মদরূপে, (ii) মেথিলেটেড স্পিরিট তৈরী করার জন্য (iii) পেট্রোলের সঙ্গে মিশ্রিত করিয়া জ্বালানীরূপে, (iv) লাক্ষা, রজন, গাম ইত্যাদির দ্রাবক হিসাবে, (v) স্পিরিট ল্যাম্পের তেল রূপে, (vi) টিনচার আয়োডিন, বার্নিশ ও সুগন্ধী প্রস্তুতি কাজে দ্রাবকরূপে, (vii) ক্লোরোফর্ম, ইথার ও ইথিলিন তৈরী করার প্রয়োজনে (viii) এস্টার তৈরী করার জন্য এবং (ix) জীবাণুনাশক তরলরূপে ব্যবহৃত হয়।

মেথিলেটেড স্পিরিট (Methylated Spirit): মেথিলেটেড স্পিরিট বলা হয় মিথাইল অ্যালকোহল ও ইথাইল অ্যালকোহলের মিশ্রণকে ($CH_3OH + C_2H_5OH$)। ইথাইল অ্যালকোহলকে পান-করার-অযোগ্য [illegible] বাজারে বিক্রি করার উদ্দেশ্যে বিষাক্ত মিথাইল অ্যালকোহল পানীয় [illegible] সঙ্গে মিশ্রিত করা হয়। ভারতে মিথাইল [illegible] পিরিডিন নামের একপ্রকার জৈব তরল মিশ্রিত করা হয়।

মিথাইল ও ইথাইল অ্যালকোহলের জারণ
(Oxidation of Alcohol)

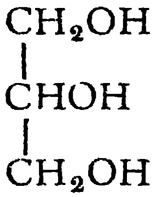
মিথাইল ও ইথাইল অ্যালকোহলের জারণ বা অক্সিডেশন একটি বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ জৈব বিক্রিয়া। এরূপ বিক্রিয়ায় **অ্যালডিহাইড** (aldehyde) ও **অ্যাসিড** (acid) জাতীয় দুইটি স্বতন্ত্র শ্রেণীর জৈব যৌগ তৈরী করা যায়। অ্যালকোহল জারণ ক্রিয়ার মাধ্যমে অ্যালডিহাইড ও অ্যাসিড তৈরীর একটি সাধারণ পদ্ধতি। পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা অথবা অনুঘটকসহ বায়ুর সাহায্যে অ্যালকোহলের জারণ বা অকসিডেশন ক্রিয়া সম্পন্ন করা যায়। যথা :

প্রাইমারী অ্যালকোহল → জারণ (O) → অ্যালডিহাইড → জারণ (O) → জৈব অ্যাসিড

$$\underset{\text{মিথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3OH} \overset{\text{জারণ}}{+[O]} \rightarrow \underset{\text{ফরম্যালডিহাইড}}{H\text{-}CHO} \overset{\text{জারণ}}{+[O]} \rightarrow \underset{\text{ফরমিক অ্যাসিড}}{HCOOH}$$

$$\underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{C_2H_5OH} \overset{\text{জারণ}}{+[O]} \rightarrow \underset{\text{অ্যাসিটালডিহাইড}}{CH_3\text{-}CHO} \overset{\text{জারণ}}{+[O]} \rightarrow \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH}$$

3. গ্লিসারিন বা গ্লিসারল ঃ



$$\begin{array}{c} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array}$$

খনিজ তেল ছাড়া অন্য সমস্ত জৈব তেল ও চর্বিতে, যেমন—নারিকেল তেল, সরিষার তেল, মাখন, অলিভ তেল, তিসির তেল ইত্যাদির মধ্যে গ্লিসারল সংযুক্ত থাকে। গ্লিসারল একটি ট্রাই-হাইড্রিক অ্যালকোহল। ইহা গ্লিসারিন নামেও পরিচিত। গ্লিসারিন গন্ধ ও বর্ণহীন সিরাপের ন্যায় একটি ঘন তরল। ইহা জলে দ্রবণীয় ও জলাকর্ষী এবং স্বাদে মিষ্টি ও বীজাণুনাশক পদার্থ।

নাইট্রো-গ্লিসারিন, ডিনামাইট ইত্যাদি বিস্ফোরক তৈরী করার জন্য গ্লিসারিন বা গ্লিসারল প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। নাইট্রো-গ্লিসারিন প্রথম আবিষ্কার করেন নোবেল পুরস্কার দাতা **আলফ্রেড নোবেল**। গ্লিসারল প্রসাধনী দ্রব্য, টাইপ রাইটারের ফিতা, সিগারেট, প্লাস্টিক ইত্যাদি প্রস্তুতির জন্য এবং ঔষধ প্রস্তুতির জন্যও ব্যবহৃত হয়।

অ্যালকোহলের গঠন
(Structural Formula of Alcohol)

মিথাইল অ্যালকোহলের বিক্রিয়া ও গঠন বিশ্লেষণে দেখা যায় :

(i) মিথাইল অ্যালকোহলের আণবিক ফর্মূলা (molecular formula) : CH_4O এবং ইথাইল অ্যালকোহলের : C_2H_6O

(ii) সোডিয়ামের সঙ্গে মিথাইল বা ইথাইল অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় অ্যালকোহলের মোট হাইড্রোজেন পরমাণুগুলির মধ্যে মাত্র একটি হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত হয়। যথা :

$$CH_4O + Na = CH_3ONa + H$$
$$C_2H_6O + Na = C_2H_5ONa + H$$

ইহাতে প্রমাণিত হয় যে, অ্যালকোহল অণুর কাঠামোতে একটিমাত্র হাইড্রোজেন পরমাণু অ্যালকোহল অণুর অন্যান্য হাইড্রোজেন পরমাণু হইতে পৃথক্‌ভাবে অবস্থিত।

(iii) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় অ্যালকোহল হইতে একটি হাইড্রোজেন এবং একটি অক্সিজেন পরমাণু অপসারিত হয় এবং ইহাদের স্থান দখল করে মাত্র একটি ক্লোরিন অণু। ইহাতে জানা যায় যে, একটি হাইড্রোজেন ও একটি অক্সিজেন পরমাণু পরস্পরে জোটবদ্ধ থাকে অর্থাৎ, একটি হাইড্রোক্সিল (OH) মূলক রূপে অ্যালকোহলের কাঠামোতে অবস্থিত থাকে। বিক্রিয়া চারটি এইরূপ :

$$CH_3OH + HCl = CH_3Cl + H_2O$$
$$CH_3OH + PCl_5 = CH_3Cl + POCl_3 + HCl$$
$$C_2H_5OH + HCl = C_3H_5Cl + H_2O$$
$$C_2H_5OH + PCl_5 = C_2H_5Cl + POCl_3 + HCl$$

(iv) হাইড্রোকার্বন যৌগগুলি একটি হাইড্রোজেন বর্জন করিয়া **অ্যাল্কিল মূলক** (alkyl radical) রূপে বিভিন্ন শ্রেণীর জৈব যৌগে যুক্ত থাকে। মিথেনের অ্যাল্কিল-মূলক $CH_3—$, ইথেনের অ্যালকিল মূলক $C_2H_5—$, ইত্যাদি।

[illegible] ইথেনের সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় গঠিত হয় মিথাইল CH_3 মূলকের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়। যথা :

$$- CH_3Cl + HCl$$
$$= C_2H_5Cl + HCl$$

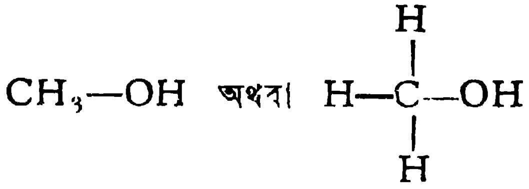
পুনরায়, CH_3Cl ও $NaOH$ তথা মিথাইল ক্লোরাইড ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের বিক্রিয়ায় অর্থাৎ সংশ্লেষণী পন্থায় মিথাইল অ্যালকোহল (CH_3OH) তৈরী করা যায়। ইহাতেও মিথাইল মূলক ও হাইড্রোক্সিল মূলকের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়। যথা:

$$CH_3Cl+NaOH=CH_3OH+NaCl$$

অনুরূপভাবে ইথাইল ক্লোরাইডও ইথাইল অ্যালকোহলে পরিণত হয়। যথা:

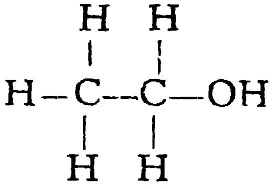
$$C_2H_5Cl+NaOH=C_2H_5OH+NaCl$$

(iv) বিভিন্ন পরীক্ষায় দেখা যায় যে মিথাইল অ্যালকোহলে পাওয়া যায় CH_3-মূলক এবং OH-মূলক। সুতরাং মিথাইল অ্যালকোহল এরূপ দুই রকম মূলকের সংযোগে গঠিত। ইহাও জানা কথা যে কার্বন পরমাণু চতুর্যোজী। সুতরাং মিথাইল অ্যালকোহলের **গঠন কাঠামো তথা আকৃতিক বা সংযুতি** (structural) **ফর্মুলা** হইবে:



$$CH_3\text{—}OH \quad \text{অথবা} \quad H\text{—}\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}\text{—}OH$$

অনুরূপভাবে ইথাইল অ্যালকোহলে পাওয়া যায় C_2H_5 এবং OH মূলক। সুতরাং ইহার ফর্মুলা:



$$H\text{—}\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}\text{—}\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}\text{—}OH$$

Questions to be discussed

1. What compound will be formed if a hydrogen atom of methane is replaced by a hydroxyl radical ? What happens when such compounds are oxidised ?

2 What is methanol ? How is methanol prepared ? What are its uses ?

3. What will be the action of sodium and sulphuric acid on methanol ? Give equations. How is methanol prepared synthetically ?

4. Give reasons to justify the structural formula of methyl alcohol.

5. What is fermentation ? How is this process used to prepare ethanol ? What are the reactions of KOH, HCl and PCl on ethanol ?

6. Write short notes on : Wood spirit, Rectified spirit, Methylated spirit and Absolute alcohol. What are their uses ?

7. Starting from ethyl alcohol how would you prepare ethylene, ethylene dibromide, ethyl iodide, ether, methane, acetaldehyde, acetic acid and chloroform ? State chemical principles only with simple equations where necessary.

8. What are the products of the reactions of sulphuric acid on ethyl alcohol ? Indicate the conditions of each reactions.

9. Describe any method of preparing methyl alcohol How is it converted into formaldehyde ? Give their structural formula What do you understand by 'methylated spirit' and 'formalin' ?

[*H S Exam 1960*]

10 How is ethyl alcohol prepared from glucose ? Give its structural formula. How would you prove the presence of a hydroxyl group in it ? What happens when ethyl alcohol is oxidised ? [*H S (Comp) 1960*]

11 State the characteristic properties of the alcoholic hydroxyl group with reference to the action of (*a*) sodium, (*b*) sulphuric acid, (*c*) acetic acid, (*d*) oxidising agent

Give equation in the case of a typical compound of this group.

[*H S Exam 1962*]

12 Describe the preparation of ethyl alcohol from glucose. Give its structural formula Describe (with equations) four of its chemical reactions and mention two of its uses.

[*H. S. (comp) 1962*]

৬

অ্যালডিহাইড ও কিটোন

পরিচয় ঃ যে কোন **প্রাইমারী অ্যালকোহলের** (Primary alcohol) মৃদু জারণ ক্রিয়ায় প্রথম পর্যায়ে যে-যৌগটি তৈরী হয় তাহাই **অ্যালডিহাইড** (Aldehyde)। অ্যালডিহাইডের অর্থ হাইড্রোজেন হারা অ্যালকোহল অর্থাৎ যে অ্যালকোহলের হাইড্রোজেন হরণ করা হইয়াছে। যে অ্যালকোহলে ($-CH_2OH$) মূলক বর্তমান তাহাই প্রাইমারী অ্যালকোহল। **প্রাইমারী অ্যালকোহল** হইতে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপসারিত করিলে **অ্যালডিহাইড** গঠিত হয়। ইহা অ্যালকোহলের জারণ ক্রিয়া বা অকসিডেশন (oxidation)। কারণ, হাইড্রোজেন অপসারণের অর্থও জারণ বা অকসিডেশন। যথা :

অ্যালকোহল	**জারণ**	**অ্যালডিহাইড**
CH_3OH মিথাইল অ্যালকোহল	$-[2H] \rightarrow$ জারণ	$H-CHO$ ফরম্যালডিহাইড
CH_3CH_2OH ইথাইল অ্যালকোহল	$-[2H] \rightarrow$ জারণ	CH_3-CHO অ্যাসিট্যালডিহাইড

সেকেণ্ডারী অ্যালকোহলের (Secondary alchol) মৃদু জারণের ফলে প্রথম পর্যায়ে **কিটোন** (Ketone) নামে এক ভিন্ন শ্রেণীর যৌগ গঠিত হয়। যে অ্যালকোহলে ($=CHOH$) মূলক বর্তমান তাহাই সেকেণ্ডারী অ্যালকোহল। **কিটোন** তৈরী হয় **সেকেণ্ডারী অ্যালকোহলের** হাইড্রোজেন পরমাণু অপসারণের ফলে। যথা :

অ্যালকোহল	**জারণ**	**কিটোন**
$CH_3-CHOH-CH_3$ আইসো-প্রোপাইল অ্যালকোহল	$-[2H] \longrightarrow$	$CH_3-CO-CH_3$ ডাই-মিথাইল কিটোন বা অ্যাসিটোন

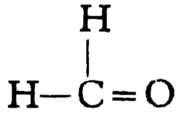
অ্যালডিহাইড মূলক ($-CHO$) (Aldehyde radical) : হাইড্রোকার্বন মূলকের সঙ্গে যে মূলকটি যুক্ত হওয়ার ফলে অ্যালডিহাইড গঠিত হয়

তাহার ফর্মুলা $-CHO$ । এরূপ মূলকের নাম অ্যালডিহাইড মূলক। ইহার যোজ্যতা এক।

কিটোন মূলক ($-CO-$) (Ketone radical): যে মূলকটির সংযোগে কিটোন গঠিত হয় তাহার ফর্মুলা: $>CO$; ইহাকে কিটোন মূলক বলা হয়। ইহার যোজ্যতা দুই। কয়েকটি অ্যালডিহাইড ও কিটোনের উদাহরণ:

অ্যালডিহাইড

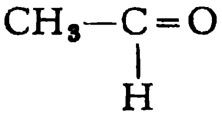
ফরম্যালডিহাইড:



$$H-\overset{\displaystyle H}{\overset{|}{C}}=O$$

স্ফুটনাংক $-21^\circ C$

অ্যাসিট্যালডিহাইড:



$$CH_3-\underset{\displaystyle H}{\underset{|}{C}}=O$$

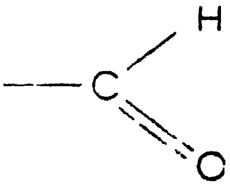
স্ফুটনাংক $21^\circ C$

অ্যালডিহাইডকে জারিত করিলে যে জৈব অ্যাসিড তৈরী হয় সেই অ্যাসিডের নামানুসারে অ্যালডিহাইডের নামকরণ করা হয়। যথা:

অ্যালকোহল		অ্যালডিহাইড		অ্যাসিড
CH_3OH	$-[2H] \rightarrow$	$H\text{-}CHO$	$+[O]$	$H\text{-}COOH$
মিথাইল অ্যালকোহল	জারণ	ফরম্যালডিহাইড	জারণ	ফরমিক অ্যাসিড
CH_3CH_2OH	$-[2H] \rightarrow$	CH_3-CHO	$+[O] \rightarrow$	CH_3-COOH
ইথাইল অ্যালকোহল	জারণ	অ্যাসিট্যালডিহাইড	জারণ	অ্যাসিটিক অ্যাসিড

অ্যালডিহাইড গঠনের ফলে প্রাইমারী অ্যালকোহলের $-CH_2OH$ মূলকটি অ্যালডিহাইড মূলকে $-CHO$ পরিণত হয়।

অ্যালডিহাইড মূলকের, আকৃতি বা সংবৃতি ফর্মুলা:



কিটোন

[illegible]: $CH_3-CO-CH_3$ (অ্যাসিটোন) স্ফুটনাংক 56.5°C

$-CO-C_2H_5$, স্ফুটনাংক 103°C

, $CO-CH_3$, স্ফুটনাংক 81°C

নামকরণ : যে হাইড্রোকার্বন মূলক কার্বনিল মূলকের সঙ্গে যুক্ত থাকে সেই মূলকের নামানুসারে কিটোনের নামকরণ করা হয়। ইথাইল মূলক ($-C_2H_5$) এবং মিথাইল মূলক ($-CH_3$), কার্বনিল মূলকের সঙ্গে যুক্ত হইয়া গঠন করে ইথাইল মিথাইল কিটোন। তথা, ($C_2H_5-CO-CH_3$), কিটোন গ্রুপের আকৃতিক বা সংযুতি ফর্মুলা : $>C=O$। যথা :

$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}>CHOH \xrightarrow[\text{জারণ}]{-2H} \begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}>C=O$$

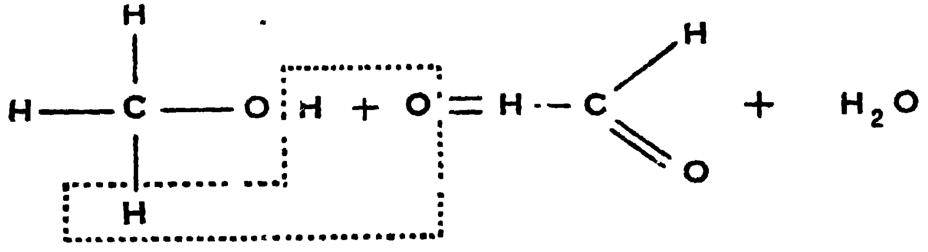
আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহল　　ডাইমিথাইল কিটোন

$$\begin{matrix}C_2H_5\\CH_3\end{matrix}>CHOH \xrightarrow[\text{জারণ}]{-2H} \begin{matrix}C_2H_5\\CH_3\end{matrix}>C=O$$

আইসোবিউটাইল অ্যালকোহল　　ইথাইল মিথাইল কিটোন

ফরম্যালডিহাইড (Formaldehyde) (H – CHO)

প্রস্তুতি (Preparation) **: মিথাইল অ্যালকোহলের জারণ ক্রিয়ায়** (Oxidation of methyl alcohol) :—ফরম্যালডিহাইড সবচেয়ে সরল ও গুরুত্বপূর্ণ অ্যালডিহাইড। 600°C তাপাংকে উত্তপ্ত তামার জালের উপরে অথবা প্লাটিনাম প্রভাবকের সংস্পর্শে বায়ু ও বাষ্পীয় মিথাইল অ্যালকোহলের মিশ্রণ প্রবাহিত করিয়া অর্থাৎ বায়ুর অক্সিজেনের সাহায্যে মিথাইল অ্যালকোহলকে জারিত করিয়া ফরম্যালডিহাইড তৈরী করা হয়। [চিত্র 474 পৃ দেখ] যথা :



মিথাইল অ্যালকোহল　　ফরম্যালডিহাইড

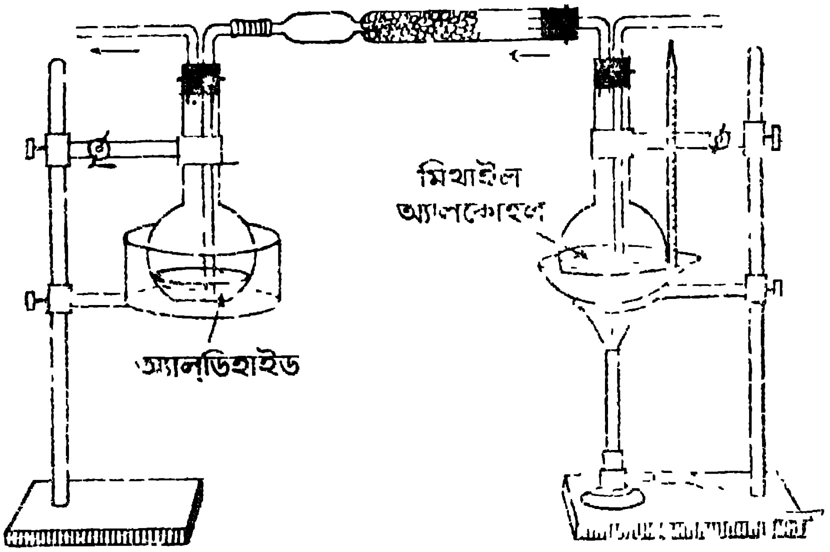
এই ঝাঁঝাল গ্যাসটি ঠাণ্ডা জলের মধ্যে চালনা করিয়া 40% জলীয় দ্রবণ তৈরী করা হয়। ফরম্যালডিহাইডের 40% জলীয় দ্রবণকে **ফরম্যালিন** (Formalin) বলা হয়।

ক্যালসিয়াম ফরমেট উত্তপ্ত করিয়াও ফরম্যালডিহাইড তৈরী করা যায়

$$\begin{matrix}HCOO\\HCOO\end{matrix}>Ca \xrightarrow{\text{তাপ}} HCHO + CaCO_3$$

Ca – ফরমেট ফরম্যালডিহাইড

ফরম্যালডিহাইডের ধর্ম (Properties) : (i) ফরম্যালডিহাইড তীব্র গন্ধযুক্ত একটি গ্যাস। (ii) ইহা –21°C তাপাংকে তরলে পরিণত হয়। (iii) ইহা জলে বিশেষভাবে দ্রবণীয়। ফরম্যালডিহাইড গ্যাসের 40% জলীয় দ্রবণকে **ফরম্যালিন** (Formalin) বলা হয় এবং এই নামেই ফরম্যালডিহাইড দ্রবণ বাজারে বিক্রয় করা হয়। (iv) ইহা বীজাণুনাশক।



ফরম্যালডিহাইড প্রস্তুতি

(iv) **ফরম্যালডিহাইডের জারণ ও বিজারণ ক্রিয়া।** (Oxidation and reduction of formaldehyde) : ফরম্যালডিহাইডকে যে-কোন জারক দ্রব্যের সাহায্যে জারিত করিয়া ফরমিক অ্যাসিডে এবং সোডিয়াম পারদ-সংকর সাহায্যে বিজারিত করিয়া মিথাইল অ্যালকোহলে পরিণত করা যায় :

(i) **অ্যালডিহাইড → জারণ → অ্যাসিড**

$$HCHO + \underset{\text{জারণ}}{[O]} \rightarrow \underset{\text{ফরমিক অ্যাসিড}}{HCOOH}$$

বিজারণ → অ্যালকোহল

$$\rightarrow \underset{\text{মিথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3OH}$$

(iii) তীব্র ক্ষারের বিক্রিয়া ফরম্যালডিহাইড অর্ধাংশে মিথাইল অ্যালকোহল এবং অর্ধাংশে ফরমিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। এরূপ বিক্রিয়াকে ক্যানিজারোর বিক্রিয়া (cannizaro's reaction) বলা হয়। যথা :

$$2HCHO + NaOH = CH_3OH + HCOONa$$

ব্যবহার (Uses) : ব্যাকেলাইট জাতীয় কৃত্রিম প্লাস্টিক তৈরী করার জন্য প্রধানত ফরম্যালডিহাইড ব্যবহার করা হয়। (ii) বীজাণুনাশক ঔষধরূপে এবং কীটাণু বিনাশকরূপে, (iii) কোনো কোনো রং ও ঔষধ এবং বিস্ফোরক তৈরী করার জন্য, (iv) চর্মশিল্পে এবং (v) জীব-বিজ্ঞানে অস্থি এবং জীবকোষ রক্ষার্থেও ফরম্যালডিহাইড ব্যবহার করা হয়।

ব্যাকেলাইট (Bakelite) : ব্যাকেলাইট এক মূল্যবান প্লাস্টিক। 1808 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী বীকেল্যাণ্ড প্রথমে এরূপ প্লাস্টিক আবিষ্কার করেন। আলকাতরা হইতে প্রাপ্ত কার্বলিক অ্যাসিড বা ফিনলের (C_6H_5OH) সঙ্গে বিশেষ অনুঘটকের সংস্পর্শে ফরম্যালডিহাইডের (HCHO) বিক্রিয়া ঘটাইয়া ব্যাকেলাইট তৈরী করা হয়।

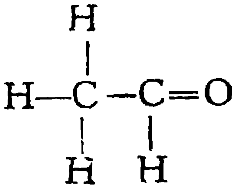
ফিনল + ফরম্যালডিহাইড → [অনুঘটক] → ব্যাকেলাইট

ব্যাকেলাইট প্লাস্টিকের নাম হইয়াছে 'আবিষ্কারকের নামানুযায়ী। ব্যাকেলাইট জলে দ্রবীভূত হয় না তাপে গলে না এবং অত্যন্ত নিষ্ক্রিয় পদার্থ। ইহা বিদ্যুৎ পরিবহণে অক্ষম। আমাদের দৈনন্দিন ব্যবহৃত শত শত জিনিস এই ব্যাকেলাইট হইতে তৈরী হইতেছে। দাপাধার, সুইচ, প্লাগ, হাতল, খেলনা, বেতার যন্ত্রের অংশ ইত্যাদি ব্যাকেলাইট দ্বারা প্রস্তুত। ইহা মৃৎশিল্পে প্রলেপ দেওয়ার জন্য এবং বিশেষভাবে রেডিও ইত্যাদি যন্ত্রের 'ইনসুলেটর' তৈরী করার জন্য ব্যবহার করা হয়।

দুধের ক্যাসিন এবং আলকাতরা হইতে প্রাপ্ত বিভিন্ন ধরনের ন্যাপথা এক সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া ব্যাকেলাইট ব্যতীত সেলুলয়েড জাতীয় অন্যান্য **প্লাস্টিক** পদার্থও তৈরী করা হয়। এরূপ কৃত্রিম প্লাস্টিক এখন নানা কাজে ব্যবহৃত হয়। এরূপ প্লাস্টিকের নাম প্লাসকন, গালালিথ ইত্যাদি।

2. অ্যাসিট্যালডিহাইড

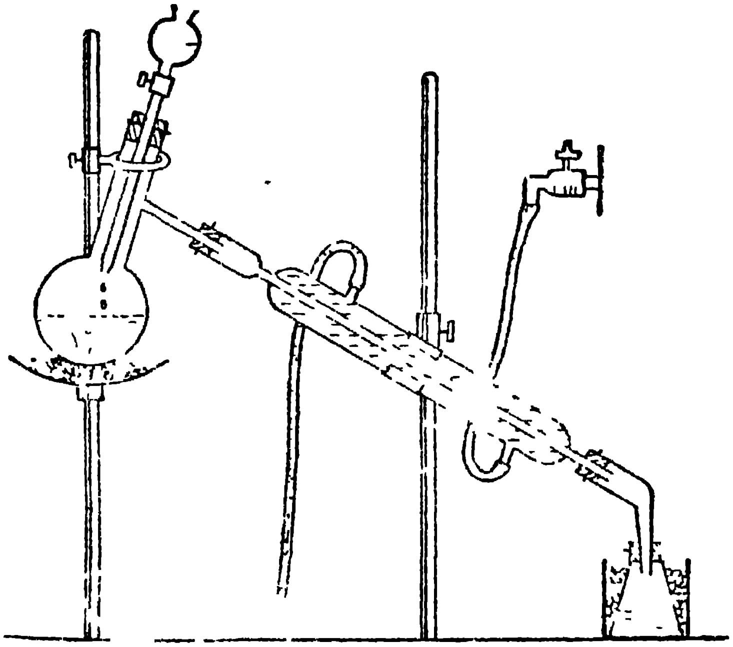
(Acetaldehyde—[CH_3CHO])



$$\mathrm{H{-}\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{C}}{-}\underset{\displaystyle H}{C}{=}O}$$

প্রস্তুতি (Preparation) **: ইথাইল অ্যালকোহলের জারণ ক্রিয়ায়** (Oxidation of ethyl alcohol) **:** ইথাইল অ্যালকোহলকে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) দ্বারা জারিত করিয়া অ্যাসিট্যালডিহাইড তৈরী করা যায়। 50°C তাপাংকে জলগাহে স্থাপিত একটি পাতন ফ্লাস্কে ঘন পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের দ্রবণ লওয়া হয় এবং ইহার মধ্যে বিন্দুপাতী ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ইথাইল অ্যালকোহল ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ ফেলা হয়। এরূপ বিক্রিয়ায় অ্যাসিট্যালডিহাইড তৈরী হয়।

অ্যাসিট্যালডিহাইড স্বাভাবিক অবস্থায় গ্যাস (B P. 21°C)। তাই, ইহার বাষ্প হিম-শীতল জলে ঠাণ্ডা করিয়া তরলাকারে সংগ্রহ করিতে হয়। ইথাইল অ্যালকোহলের পাতন ফ্লাস্কে গ্যাসীয় অবস্থায় অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়। পাতন ফ্লাস্কের সঙ্গে যুক্ত করা হয় লাইবিগ কণ্ডেন্সার। কণ্ডেন্সার বা হিমাকারের মধ্যে হিম-শীতল জল প্রবাহিত করা হয় এবং যে গ্রাহক পাত্রে অ্যাসিট্যালডিহাইড সংগৃহীত হয় তাহাও বরফ দিয়া আচ্ছাদিত করিয়া শীতল



অ্যাসিট্যালডিহাইড প্রস্তুতি

রাখা হয়। অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হওয়ায় সঙ্গে সঙ্গে পাতন ফ্লাস্ক হইতে [illegible] লইয়া অতিরিক্ত জারিত হইয়া অ্যাসিডে পরিণত [illegible] বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে :

$$[O] \rightarrow CH_3CHO + H_2O$$

অ্যাসিট্যালডিহাইড

2. **অ্যাসিটিলিন ও জলের বিক্রিয়ায়** মারকিউরিক অকসাইড বা সালফেট অনুঘটকরূপে ব্যবহার করিয়া লঘু ও উষ্ণ H_2SO_4-এর মধ্যে অ্যাসিটিলিন চালনা করিলে প্রতিটি অ্যাসিটিলিন অণু 100°C তাপাংকে এক অণু জলের সঙ্গে সংযুক্ত হইয়া অ্যাসিটাল্ডিহাইডে পরিণত হয়।

$$HC{\equiv}CH \quad + \quad H_2O \rightarrow CH_3CHO$$

অ্যাসিটিলিন অ্যাসিট্যালডিহাইড

3. **ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট হইতে:** ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট ও ক্যালসিয়াম ফরমেট মিশ্রণ পাতিত করিয়া অ্যাসিট্যালডিহাইড তৈরী করা যায়।

$$\begin{matrix}CH_3COO\\CH_3COO\end{matrix}\!>Ca+Ca<\!\begin{matrix}OOCH\\OOCH\end{matrix} \rightarrow 2CH_3CHO+2CaCO_3$$

Ca-অ্যাসিটেট → Ca-ফরমেট অ্যাসিট্যালডিহাইড

অ্যাসিট্যালডিহাইডের ধর্ম (Properties): (i) অ্যাসিট্যালডিহাইড একটি তীব্র গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল, (ii) ইহার স্ফুটনাংক 21°C এবং ইহা জলের চেয়ে লঘু। (iii) ইহা জল, অ্যালকোহল, বেঞ্জিন ও ইথারের সঙ্গে সকল অনুপাতে মিশ্রিত করা যায়।

(iv) **অ্যাসিট্যালডিহাইডের জারণ ক্রিয়া** (Oxidation of acetaldehyde): পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত করিয়া অ্যাসিট্যালডিহাইডকে অ্যাসিটিক অ্যাসিডে পরিণত করা যায়। **অ্যাসিট্যালডিহাইড ও অ্যাসিটিক অ্যাসিডে কার্বন পরমাণুর সংখ্যা সমান থাকে।**

$$CH_3CHO \quad + \quad [O] \longrightarrow CH_3COOH$$

অ্যাসিট্যালডিহাইড জারণ অ্যাসিটিক অ্যাসিড

(v) **অ্যাসিট্যালডিহাইডের বিজারণ ক্রিয়া** (Reduction of acetaldehyde): সোডিয়াম-পারদ-সংকর এবং জল দ্বারা অ্যালডিহাইডকে বিজারিত করিয়া ইথাইল অ্যালকোহলে পরিণত করা যায়। যথা:

$$CH_3CHO \; + \; [2H] \rightarrow CH_3CH_2OH$$

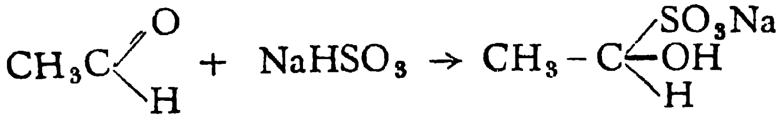
অ্যাসিট্যালডিহাইড বিজারণ ইথাইল অ্যালকোহল

(vi) **বিজারক ধর্ম** (Reducing property): অ্যালডিহাইড একটি তীব্র বিজারক পদার্থ। তাই, অ্যাসিট্যালডিহাইড অ্যামোনিয়া-মিশ্রিত সিলভার নাইট্রেট ($AgNO_3$) দ্রবণ হইতে সিলভার (Ag) অধঃক্ষেপ করে। এই

বিক্রিয়ার সাহায্যে কাচের উপর রূপার প্রলেপ দিয়া আয়না তৈরী করা হয়।

যথা:
$$Ag_2O+\underset{\text{অ্যাসিট্যালডিহাইড}}{CH_3CHO} = \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH}+2Ag\downarrow$$

(vii) অ্যাসিট্যালডিহাইড $NaHSO_3$-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় যুত-যৌগ গঠন করে।



$$CH_3C\begin{smallmatrix}\diagup O\\ \diagdown H\end{smallmatrix} + NaHSO_3 \rightarrow CH_3-C\begin{smallmatrix}\diagup SO_3Na\\ -OH\\ \diagdown H\end{smallmatrix}$$

অ্যাসিট্যালডিহাইড বাই সালফাইড

ব্যবহার: অ্যাসিট্যালডিহাইড রঙ-শিল্পে মূল উপাদান রূপে ব্যবহার করা হয়। অ্যাসিট্যালডিহাইডের 'পলিমার' প্যারা-অ্যালডিহাইড ঘুমের ঔষধ। ইহার অপর একটি পলিমার মেটা-অ্যালডিহাইড স্পিরিট ল্যাম্পের জ্বালানী রূপে ব্যবহার করা হয়।

পলিমারাইজেশন (Polymerisation)

কোনো কোনো জৈব যৌগের মধ্যে অণু সমাবেশের একটি বিশেষ রীতি দেখা যায়। তাপ, চাপ ও অনুঘটকের সাহায্যে যদি কোনো যৌগের একাধিক অণু পরস্পর সংযুক্ত হইয়া উচ্চতর আণবিক ওজনের যৌগ গঠন করে এবং সেই উচ্চতর যৌগে মৌলগুলির পারস্পরিক সংখ্যার অনুপাত যদি অপরিবর্তিত থাকে, তবে সেই প্রক্রিয়াকে বলা হয় **পলিমারাইজেশন**। এরূপ প্রক্রিয়ায় বর্ধিত আণবিক ওজনের যে উচ্চতর পদার্থটি গঠিত হয় তাহাকে বলা হয় **পলিমার** (Polymer)। প্লাস্টিক পদার্থগুলি অধিকাংশ ক্ষেত্রেই এরূপ পলিমার।

(i) **পলিথিন** (Polythene): বর্ধিত বায়ুচাপে এবং 300° – 400°C [illegible] একাধিক ইথিলিন অণু পরস্পরে সংযুক্ত হইয়া বর্ধিত আণবিক ওজনের একটি [illegible] [illegible] [illegible] করে। এই পদার্থকে বলা হয় **পলিথিন** $(C_2H_4)_n$। ইহা একটি প্লাস্টিক এবং বিদ্যুৎ পরিবহণে অক্ষম বলিয়া [illegible] [illegible] তৈরী করার জন্য ব্যবহার করা হয়।

[illegible] অ্যাসিটিলিন পলিমার গঠন করিয়া বেঞ্জিনে পরিণত

[illegible] (Paraldehyde): অ্যালডিহাইড খুব [illegible] অ্যাসিট্যালডিহাইড সালফিউরিক

অ্যাসিডের সংস্পর্শে **প্যারা-অ্যালডিহাইড** নামের পলিমার গঠন করে। ইহার ফর্মুলা $(CH_3CHO)_3$; ইহা জলে প্রায় অদ্রবণীয় এবং সুমিষ্ট গন্ধযুক্ত। ইহার গন্ধে দেহ অবশ হইয়া যায় এবং ঘুম আসে।

লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) নিম্নতাপে **মেটা-অ্যালডিহাইড** (CH_3CHO) গঠন করে। ইহা আকারে স্ফটিকের মত।

ফরম্যালডিহাইডও বিশেষ অবস্থায় প্যারাফরম্যালডিহাইড $(HCHO)_n$ ও মেটাফরম্যালডিহাইড $(HCHO)_3$ গঠন করে।

কিটোন ঃ অ্যাসিটোন

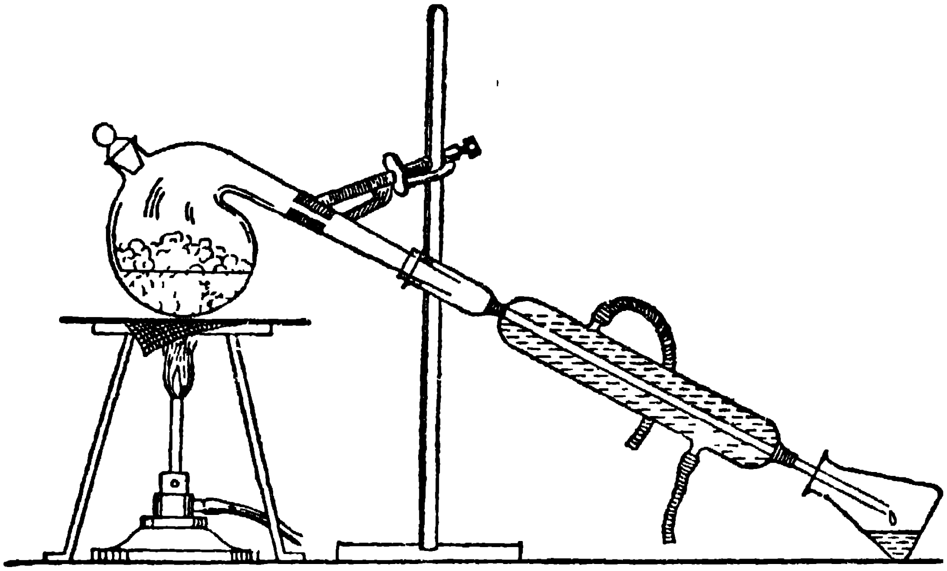
[Acetone $CH_3-CO-CH_3$]

অ্যাসিটোন বা ডাইমিথাইল কিটোন সবচেয়ে সরল এবং সর্বপ্রধান **কিটোন**। প্রাণীর রক্ত ও মূত্রে কিঞ্চিৎ পরিমাণে কিটোন পাওয়া যায়। অ্যাসিটোন : $CH_3-CO-CH_3$

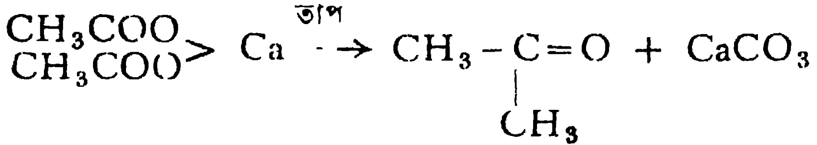
প্রস্তুতি (Preparation) ঃ (i) **কাঠ-পাতন পন্থায়** (Wood distillation process) ঃ কাঠের অন্তর্ধূম পাতনের ফলে গ্যাস ও আলকাতরার সঙ্গে 10% অ্যাসিটিক অ্যাসিড, 2 – 4 % মিথাইল অ্যালকোহল ও অল্প অ্যাসিটোন এবং জল উদ্বায়ী পদার্থরূপে কাঠ হইতে পাওয়া যায়। অ্যাসিটিক অ্যাসিড, মিথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসিটোনের মিশ্রণকে প্রথমে তপ্ত চুন-গোলা [$Ca(OH)_2$-milk of lime] সঙ্গে মিশ্রিত করিয়া বিক্রিয়া ঘটানো হয়। এরূপ বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিক অ্যাসিড কঠিন ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট যৌগে পরিণত হয়। ইহার পরে 65°C তাপাংকে মিথাইল অ্যালকোহল (স্ফুটনাংক 65·5°C) ও অ্যাসিটোন মিশ্রণকে (স্ফুটনাংক 56·5°C) আংশিক পাতিত (fractional distillation) করিয়া অ্যাসিটোন গ্রাহক পাত্রে সংগ্রহ করা হয় এবং পাতন পাত্রে অবশিষ্ট থাকে অ্যালকোহল।

(ii) **ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট হইতে** (From calcium acetate) : কাঠ-পাতন পন্থায় প্রাপ্ত অ্যাসিটিক অ্যাসিড এবং চুন-গোলা বিক্রিয়ায় যে ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট $(CH_3COO)_2Ca$ তৈরী হয় তাহাই রসায়নাগারে অ্যাসিটোন তৈরী করার জন্য ব্যবহার করা হয়। একটি কাচের রিটর্টে অনার্দ্র ও বিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট ভরিয়া তার-জালের উপর রাখিয়া

উত্তপ্ত করিলে রিটর্ট হইতে বাষ্পাকারে অ্যাসিটোন নির্গত হয়। এই অ্যাসিটোন লাইবিগ কণ্ডেন্সারের সাহায্যে ঘনীভূত করিয়া গ্রাহক পাত্রে সংগ্রহ করা হয়।



ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট উত্তপ্ত করিয়া অ্যাসিটোন প্রস্তুতি



$$\begin{matrix}CH_3COO\\CH_3COO\end{matrix}\!> Ca \xrightarrow{\text{তাপ}} CH_3-\underset{\substack{|\\ CH_3}}{C}=O + CaCO_3$$

(iii) **অ্যাসিটিক অ্যাসিড হইতে** (From acetic acid) : 400°C তাপাংকে অ্যালুমিনার (Al_2O_3) উপরে অ্যাসিটিক অ্যাসিড বাষ্প চালাইয়াও অ্যাসিটোন তৈরী করা যায়। এরূপ পদ্ধতিতে প্রচুর পরিমাণে অ্যাসিটোন পাওয়া যায়। বিক্রিয়া ঘটে অনুরূপ ভাবে :

$$CH_3CO\cdot OH + H\cdot OOC\cdot CH_3 \rightarrow CH_3\text{-}CO\text{-}CH_3 + CO_2 + H_2O$$

অ্যাসিটিক অ্যাসিড অ্যাসিটিক অ্যাসিড অ্যাসিটোন

সাধারণ ধর্ম :- (i) অ্যাসিটোন একটি বর্ণহীন তরল। (ii) ইহার গন্ধ সুমিষ্ট কিন্তু স্বাদ ঝাঁঝালো। (iii) ইহার স্ফুটনাংক 56.5°C এবং ইহা [illegible] হালকা। (iv) ইহা জলে এবং অন্যান্য অনেক জৈব তরলে [illegible] করা যায়।

রণ ও **বিজারণ** (Oxidation and reduc-

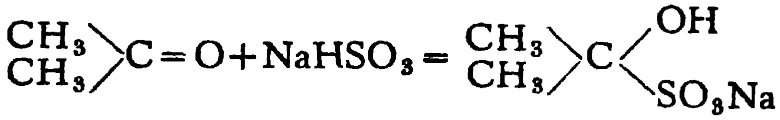
[illegible] অ্যাসিটোনও জারিত হইয়া অ্যাসিটিক

অ্যাসিড এবং বিজারিত হইয়া আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহল তৈরী করে। যথা :

$$\underset{\text{অ্যাসিটোন}}{CH_3-CO-CH_3}+\underset{\text{জারণ}}{[4O]}\rightarrow \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH}+CO_2+H_2O$$

$$\underset{\text{অ্যাসিটোন}}{CH_3-CO-CH_3}+\underset{\text{বিজারণ}}{[2H]}\rightarrow \underset{\text{আইসো প্রোপাইল অ্যালকোহল}}{CH_3CHOH.CH_3}$$

(vi) $NaHSO_3$ যৌগের সঙ্গে অ্যাসিটোন যুত যৌগ গঠন করে।



$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\!\!>C=O+NaHSO_3=\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\!\!>C\begin{matrix}OH\\SO_3Na\end{matrix}$$

অ্যাসিটোন বাই সালফাইট

অ্যাসিটোনের ব্যবহার (Uses) ঃ অ্যাসিটোন (i) নাইট্রোসেলুলুজ ও সেলুলয়েডের দ্রাবকরূপে, (ii) ক্লোরোফর্ম তৈরী করার জন্য, (iii) কৃত্রিম সুগন্ধ আইয়োনোন এবং সালফানল প্রস্তুত করার জন্য, (iv) অ্যাসিটিলিনের দ্রাবক রূপে এবং (v) ধূম্রহীন পাউডার, সেলুলয়েড, পেইন্ট ও ভার্নিশ শিল্পে ব্যবহৃত হয়।

অ্যালডিহাইড ও কিটোনের পার্থক্য

1. কিটোন অ্যালডিহাইডের ন্যায় অ্যামোনিয়া মিশ্রিত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ হইতে সিলভার অধঃক্ষেপ করিতে পারে না।

2. কিটোন অ্যালডিহাইডের ন্যায় পলিমার গঠনে অক্ষম।

3 অ্যালডিহাইড বিজারিত হইয়া প্রাইমারী অ্যালকোহলে পরিণত হয় কিন্তু কিটোন সেকেণ্ডারী অ্যালকোহলে পরিণত হয়।

4. অ্যালডিহাইডের ন্যায় কিটোন অতি সহজে জারিত হইয়া অ্যাসিড গঠন করিতে পারে না।

5 মূল অ্যালডিহাইডে এবং অ্যালডিহাইডের জারণে উৎপন্ন অ্যাসিডে কার্বন পরমাণুর সংখ্যা একই থাকে। কিন্তু মূল কিটোন হইতে জারিত করিয়া যে অ্যাসিড পাওয়া যায় তাহাতে কার্বন পরমাণু সংখ্যা হ্রাস পায়।

$$CH_3CHO \xrightarrow{O} CH_3COOH$$

$$CH_3-CO-CH_3 \xrightarrow{2O} CH_3COOH + CO_2 + H_2O$$

6. অ্যালডিহাইড বিরঞ্জিত মেজেণ্টার রঙ পুনরুদ্ধার করিতে পারে; কিন্তু অ্যাসিটোন তাহা পারে না।

Questions to be discussed

1. What are the radicals which characterise an organic compound as aldehyde and ketone ? Why does the same oxidation process of an alcohol lead to the formation of two types of compounds—ketone and aldehyde ?

2 How is formaldehyde prepared ? What happens when formaldehyde is —(i) oxidised and (ii) reduced ? What are its uses ? What is formalin ?

3. What is the process of preparing acetaldehyde ? What is polymerisation ? What are the uses of acetaldehyde ?

4. How is acetone prepared ? Can you prepare it from acetic acid also ? What are the oxidation and reduction productions of acetone ?

5. Write short notes on . bakelite, formalin, plastics and paraldehyde

6 What are the oxidation and reduction products of acetone ? State the general properties and uses ?

7. State the general principles of preparation of aldehydes and ketone How does an aldehyde differ from a ketone ?

8. How is formaldehyde prepared ? Give a neat labelled sketch of the apparatus What happens when acetaldehyde is (a) oxidized, and (b) reduced ?

What are formalin and bakelite ? State their uses

[*H S (comp) 1963*]

9 How is methyl alcohol converted to formaldehyde ? Give its structural formula What is formalin ? [*H. S 1960*]

10. How acetone is prepared from the products of the destructive distillation of wood What happens when acetone is oxidised or reduced ? Give equations with structural formulae of the compounds

H S 1964 (comp)

11. How would you prepare (*a*) formaldehyde (*b*) Acetone ? [illegible] and structural formulae [*H. S 1965*]

৭

কার্বকসিলিক বা ফ্যাটি অ্যাসিড

পরিচয় : জৈব অ্যাসিডের এক বিশেষ শ্রেণীকে বলা হয় **ফ্যাটি অ্যাসিড** (Fatty acid) **বা স্নেহাক্ত অ্যাসিড।** ফরমিক অ্যাসিড, **অ্যাসেটিক** অ্যাসিড, পামিটিক অ্যাসিড, ষ্টিয়ারিক অ্যাসিড—এরূপ অ্যাসিডগুলিকে **ফ্যাটি** বা স্নেহাক্ত অ্যাসিড বলা হয়। কারণ, সমস্ত রকম জৈব চর্বি বা স্নেহ-পদার্থ ও তেলে গ্লিসারিনের সঙ্গে সংযুক্ত অবস্থায় এরূপ অ্যাসিড পাওয়া যায়। এরূপ শ্রেণীর প্রাথমিক অ্যাসিডগুলি তরল কিন্তু উচ্চতর আণবিক ওজনের অ্যাসিডগুলি মোম বা ঘন স্নেহ পদার্থের ন্যায় তৈলাক্ত। ফ্যাটি অ্যাসিড শ্রেণীভুক্ত অনেক অ্যাসিড স্নেহজাতীয় পদার্থের সমধর্মী। যে জৈব পদার্থ হইতে প্রথম এই সমস্ত অ্যাসিড সংগ্রহ করা হয় সেই সমস্ত জৈব বস্তুর নামানুসারে অ্যাসিডের নামকরণও করা হয়। **ফরমিকা** অর্থাৎ পিপীলিকা হইতে প্রথম যে-অ্যাসিড তৈরী করা হয় তাহার নাম দেওয়া হয় **ফরমিক অ্যাসিড**। সেইরূপ **অ্যাসিটাস** তথা ভিনিগার হইতে উৎপন্ন অ্যাসিডকে **অ্যাসিটিক অ্যাসিড, 'বিউটিরাস** তথা 'বাটার' বা মাখন হইতে উৎপন্ন অ্যাসিডকে **বিউটাইরিক অ্যাসিড** নাম দেওয়া হয়।

জৈব অ্যাসিডের রাসায়নিক নামকরণ (Nomenclature) : ফ্যাটি বা স্নেহাক্ত অ্যাসিড 'ওপেন চেইন' তথা মুক্ত-শৃঙ্খল হাইড্রোকার্বনের অ্যাসিড। ইহাদের ক্ষার-গ্রাহীতা বা বেসিসিটি এক। তাই ইহাদের **মনোবেসিক অ্যাসিড** বলা হয়।

অ্যালডিহাইড মূলকের (– CHO) সঙ্গে একটি অক্সিজেন পরমাণু যুক্ত হইয়া যে যৌগটি গঠিত হয় তাহাই কার্বকসিলিক অ্যাসিড। যথা :

$$\underset{\text{অ্যালডিহাইড মূলক}}{-\mathrm{CHO}} \quad + \quad \underset{\text{অক্সিজেন}}{\overset{\text{জারণ}}{[\mathrm{O}]}} \quad \rightarrow \quad \underset{\text{অ্যাসিড মূলক}}{-\mathrm{COOH}}$$

এই **অ্যাসিড** মূলক, (COOH) **কার্বনিল** (– CO –) মূলক এবং **হাইড্রোকসিল** (—OH) মূলকের সংযোগে গঠিত। তাই, ইহাকে **কার্বকসিল মূলক** (Carboxyl radical) বলা হয়।

$$\underset{\text{কার্বনিলমূলক}}{(-\mathrm{CO}-)} \quad + \quad \underset{\text{হাইড্রোকসিল মূলক}}{(-\mathrm{OH})} \quad \rightarrow \quad \underset{\text{কার্বকসিল মূলক}}{(-\mathrm{COOH})}$$

কার্বকসিল (–COOH) মূলকের যোজ্যতা এক। তাই, যে অ্যাসিডে একটি কার্বকসিল মূলক থাকে তাকে **মনোবেসিক** বলে। যার মধ্যে দুইটি কার্বকসিল মূলক থাকে তাহাকে **ডাইবেসিক** এবং একাধিক কার্বকসিল মূলক যুক্ত অ্যাসিডকে **পলিবেসিক** অ্যাসিড বলা হয়। **ফ্যাটি অ্যাসিডে একটি কার্বকসিল (COOH) মূলক থাকে বলিয়া ইহাদের মনোবেসিক অ্যাসিড বলা হয়।**

ফ্যাটি অ্যাসিড তৈরীর সাধারণ নিয়ম

(General principle of preparation of fatty acids)

হাইড্রোকার্বন (প্যারাফিনকে) জারিত অর্থাৎ অক্সিডাইজ্ করিলে অ্যালকোহল, অ্যালকোহলকে জারিত করিলে অ্যালডিহাইড এবং অ্যালডিহাইডকে জারিত করিলে তাহা অ্যাসিডে পরিণত হয়। এরূপ জারণ পদ্ধতিই ফ্যাটি বা স্নেহাক্ত অ্যাসিড তৈরী করার সাধারণ পদ্ধতি। যথা:

$$\text{হাইড্রোকার্বন}\ \overset{\text{জারণ}}{(O)\rightarrow}\ \text{অ্যালকোহল} + \overset{\text{জারণ}}{(O)\rightarrow}\ \text{অ্যালডিহাইড} + \overset{\text{জারণ}}{(O)\rightarrow}\ \text{অ্যাসিড}$$

ফরমিক অ্যাসিড ও অ্যাসিটিক অ্যাসিড ফ্যাটি অ্যাসিডের মধ্যে আদি এবং প্রধান অ্যাসিড। এই অ্যাসিড দুইটি তৈরী করা যায়:

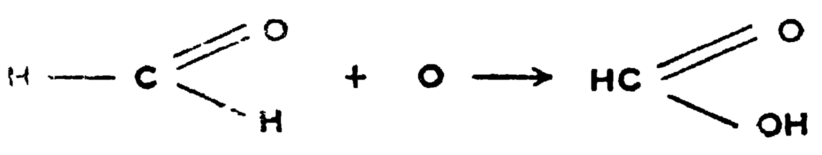
$$CH_4+[O]\rightarrow CH_3OH+[O]\rightarrow HCHO+[O]\rightarrow H\text{-}COOH$$

মিথেন মিথাইল অ্যালকোহল ফরম্যালডিহাইড ফরমিক অ্যাসিড

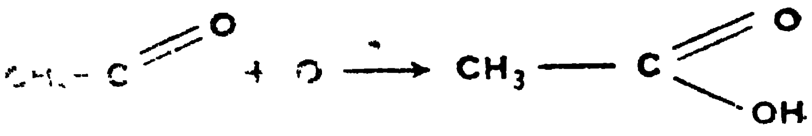
$$CH_3CH_3+[O]\rightarrow CH_3CH_2OH+[O]\rightarrow CH_3CHO+[O]\rightarrow CH_3COOH$$

ইথেন ইথাইল অ্যালকোহল অ্যাসিট্যালডিহাইড অ্যাসিটিক অ্যাসিড

সংযুতি বা আকৃতিক (structural) ফর্মুলা অনুযায়ী এই জারণ বিক্রিয়া লেখা যায় এই ভাবে:



ফরম্যালডিহাইড ফরমিক অ্যাসিড



অ্যাসিটিক অ্যাসিড

1. ফরমিক অ্যাসিড

Formic acid—[HCOOH]

লাল পিঁপড়া, মৌমাছি ও বোলতার হুলে ফরমিক অ্যাসিড থাকে। ইহারা হুল ফুটাইবার সময় ফরমিক অ্যাসিড ঢালিয়া দেয়। জলের সঙ্গে পিঁপড়া পাতিত করিয়া সতর শতাব্দীতে প্রথম ফরমিক অ্যাসিড তৈরী করা হয়।

প্রস্তুতি ঃ (1). **অ্যালকোহল বা অ্যালডিহাইডের জারণ** (Oxidation of alcohol or aldehyde) ঃ প্লাটিনাম ব্লাক অনুঘটকের সংস্পর্শে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা মিথাইল অ্যালকোহল বা ফরম্যালডিহাইডকে জারিত করিয়া ফরমিক অ্যাসিড তৈরী করা যায়। যথা ঃ

$$\underset{\text{মিথাইল অ্যালকোহল}}{CH_2OH} \quad +(O) \quad \rightarrow \quad \underset{\text{ফরম্যালডিহাইড}}{HCHO+H_2O}$$

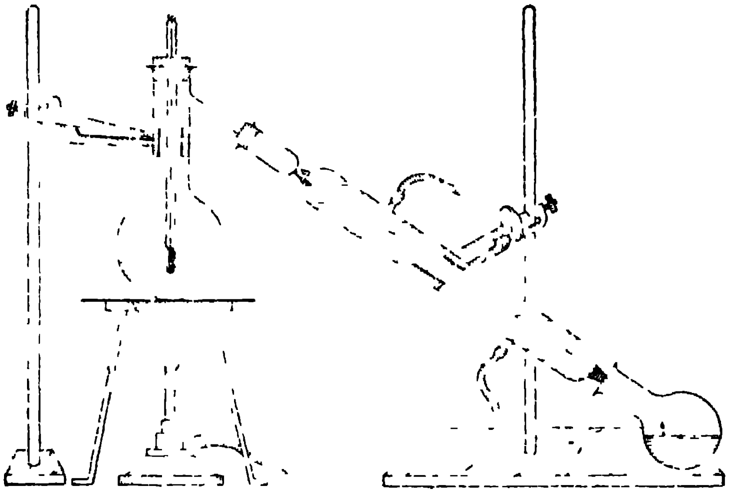
$$\underset{\text{ফরম্যালডিহাইড}}{HCHO} \quad +(O) \quad \rightarrow \quad \underset{\text{ফরমিক অ্যাসিড}}{HCOOH}$$

2 **অক্জেলিক অ্যাসিড হইতে** (From oxalic acid) ঃ অক্জেলিক অ্যাসিড একটি ডাইবেসিক অ্যাসিড (COOH-COOH), অক্জেলিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলে ইহা ভাঙ্গিয়া ফরমিক অ্যাসিড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী হয়। কিন্তু এরূপ প্রক্রিয়ায় উৎপাদনের পরিমাণ কম। অক্জেলিক অ্যাসিডের সঙ্গে গ্লিসারিন মিশাইয়া যদি 110°C তাপাংকে উত্তপ্ত করা হয় তাহা হইলে গ্লিসারিন অনুঘটকের ন্যায় ব্যবহার করে এবং ফরমিক অ্যাসিডের উৎপাদনের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। বিক্রিয়াটি ঘটে এইভাবে ঃ

$$\begin{array}{c} COOH \\ | \\ COOH \end{array} \quad \rightarrow \quad HCOOH+CO_2\uparrow$$

পরীক্ষা (Experiment) ঃ রসায়নাগারে ফরমিক অ্যাসিড তৈরী করার জন্য একটি ফ্লাস্কে সম ওজনের অক্জেলিক অ্যাসিড ও গ্লিসারিন লওয়া হয়। ফ্লাস্কের মুখে কর্কের মধ্যে একটি থার্মোমিটার ফিট করা থাকে। থার্মোমিটারের পারদ-নল অ্যাসিড-গ্লিসারিন মিশ্রণে ডুবাইয়া রাখা হয়। ফ্লাস্কের সঙ্গে সংযুক্ত থাকে একটি লাইবিগ কণ্ডেন্সার এবং কণ্ডেন্সারের অপর প্রান্তে বসানো থাকে একটি গ্রাহক পাত্র। ফ্লাস্কটি ধারকের সাহায্যে বুনসেন বার্নারে বসাইয়া 110°C

তাপাংক পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয়। উষ্ণতা বাড়িলে বার্নার সরাইয়া রাখিতে হয়। উষ্ণতা কমিলে আবার অক্জেলিক-অ্যাসিড গ্লিসারিন মিশ্রণ ফ্লাস্কে ঢালা হয়। গ্রাহক পাত্রে সংগৃহীত হয় ফরমিক অ্যাসিড দ্রবণ।



ফরমিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

3. **সংশ্লেষণী পন্থা** (Synthetic method): বৃহদায়তন শিল্প-পদ্ধতিতে প্রডিউসার গ্যাস হইতে প্রাপ্ত কার্বন মনোক্সাইড বর্ধিত চাপে এবং 210°C তাপাংকে কষ্টিক সোডা দ্রবণের মধ্যে চালানো হয়। কার্বন মনোক্সাইড ও কষ্টিক সোডা (CO ও NaOH) সংযুক্ত হইয়া সোডিয়াম ফরমেট (HCOONa) গঠিত হয়। **শীতল ও লঘু** সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) সোডিয়াম ফরমেট হইতে ফরমিক অ্যাসিড নির্মুক্ত করিয়া দেয়। বিক্রিয়া দুইটি ঘটে এই ভাবে—

$$CO + NaOH = HCOONa \text{ (সোডিয়াম ফরমেট)}$$

$$HCOONa + H_2SO_4 = HCOOH + NaHSO_4$$

এরূপ বিক্রিয়ার সময় সালফিউরিক অ্যাসিডের ঘনত্ব সম্বন্ধে সতর্ক হওয়া প্রয়োজন। কারণ, **ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) সোডিয়াম ফরমেটকে কার্বন মনোকসাইডে পরিণত করে।** যথা,

$$2HCOONa + H_2SO_4 = 2CO + 2H_2O + Na_2SO_4$$

Dehydrated Formic acid): ঘন

রা ফরমিক অ্যাসিডের জল নিষ্কাশিত

প্রণালীতেও ফরমিক অ্যাসিড হইতে জল

অপসারিত করা সম্ভব নয়। কারণ, ফরমিক অ্যাসিড ও জলের মিশ্রণ 107°C তাপাংকে স্থিরভাবে একই তাপাংকে দাঁড়াইয়া ফুটিতে থাকে। তাই, ফরমিক অ্যাসিডকে প্রথমে লেড ফরমেট যৌগে পরিণত করা হয় এবং লেড ফরমেটের উপরে হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S) চালাইয়া অনার্দ্র ফরমিক অ্যাসিড তৈরী করা হয়। বিশুদ্ধ ফরমিক অ্যাসিড পাতিত করিলে অবশিষ্ট H_2S দূরীভূত হয়। যথা :

$$\underset{\text{ফরমিক অ্যাসিড}}{2HCOOH} \xrightarrow{PbCO_3} \underset{\text{লেড ফর্মেট}}{(HCOO)_2Pb} \xrightarrow{H_2S} \underset{\text{ফরমিক অ্যাসিড}}{2HCOOH} + PbS$$

সাধারণ ধর্ম (Common properties) : (i) ফরমিক অ্যাসিড তীব্র গন্ধযুক্ত একটি বর্ণহীন তরল। (ii) ইহার স্ফুটনাঙ্ক 100·5°C। (iii) ইহা জল, অ্যালকোহল ও ইথারে সর্ব অনুপাতে দ্রবণীয়। ইহা দেহের চামড়ার ক্ষত সৃষ্টি করে। (v) ফরমিক অ্যাসিড সমস্ত ফ্যাটি বা স্নেহাক্ত অ্যাসিডের মধ্যে তীব্রতম অ্যাসিড। ইহার সংস্পর্শে নীল লিটমাস লাল হয়। ইহা কার্বনেট লবণ হইতে কার্বন ডাই-অকসাইড (CO_2) নির্গত করে, এবং কোনো কোনো ধাতব অক্সাইড দ্রবীভূত করে। কোনো কোনো ধাতব ফরমেট জলে দ্রবণীয়। (vi) ফরমিক অ্যাসিড বা ইহার লবণ হইতে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) দ্বারা বিশুদ্ধ কার্বন মনোক্সাইড (CO) তৈরী করা হয়।

$$HCOOH + H_2SO_4\ (\text{ঘন}) \rightarrow CO + [H_2O + H_2SO_4]$$

(vii) **বিজারক ক্ষমতা** (Reducing capacity) : **অন্যান্য ফ্যাটি অ্যাসিডের বিজারণ ক্ষমতা নাই।** কিন্তু **ফরমিক অ্যাসিড অ্যালডিহাইডের ন্যায় বিজারক পদার্থ** এবং অ্যামোনিয়া মিশ্রিত সিলভার নাইট্রেট ($AgNO_3$) হইতে ধাতব সিলভার অধঃক্ষেপ করে। মারকিউরিক ক্লোরাইডকে ইহা বিজারিত করিয়া মারকিউরাস ক্লোরাইডে পরিণত করে।

$$\underset{\text{মারকিউরিক ক্লোরাইড}}{2HgCl_2} \xrightarrow{HCOOH} \underset{\text{মারকিউরাস ক্লোরাইড}}{Hg_2Cl_2}$$

(vii) অ্যালকোহলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইহা এস্টার গঠন করে।

$$HCOOH + C_2H_5OH = \underset{\text{ইথাইল ফরমেট}}{HCOOC_2H_5} + H_2O$$

(ix) 360°C তাপাংকে সোডিয়াম ফরমেট দ্রুত উত্তপ্ত করিলে সোডিয়াম অকজলেট তৈরী হয়। যথা:

$$\begin{array}{l} \text{HCOONa} \\ \text{HCOONa} \end{array} = H_2 + \begin{array}{l} \text{COONa} \\ | \\ \text{COONa} \end{array} \quad (\text{সোডিয়াম অকজলেট})$$

ব্যবহার: ফরমিক অ্যাসিড (i) চর্ম-শিল্পে চুন অপসারিত করার জন্য (ii) রবার-শিল্পে রবার ঘন করার প্রয়োজনে, (iii) উল ও তুলা রঙ করার কাজে (iv) সুরা প্রস্তুতিতে ফারমেনটেশন বা সন্ধান ক্রিয়ার সহায়ক রূপে, (v) ফল ও ফুল পচনের হাত হইতে রক্ষার জন্য ব্যবহার করা হয় এবং (vii) বনস্পতি জাতীয় স্নেহ পদার্থের প্রস্তুতিতে নিকেল ফরমেট ক্যাটালিস্ট রূপে ব্যবহৃত হয়।

2. অ্যাসিটিক অ্যাসিড [Acetic Acid—CH_3COOH]

বহু প্রাচীন কাল হইতেই অ্যাসিটিক অ্যাসিড 'ভিনিগার' নামে পরিচিত ছিল। বস্তুত, ভিনিগারের ল্যাটিন পরিভাষা **অ্যাসিটাস** শব্দ হইতেই অ্যাসিটিক অ্যাসিড শব্দটি সৃষ্টি হইয়াছে। 1720 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী স্টাহল প্রথমে বিশুদ্ধ অ্যাসিটিক অ্যাসিড তৈরী করেন। অম্ল স্বাদের সুরায়, ভিনিগারে, কোনো কোনো উদ্ভিদের তেলে ও রসে এবং কোনো কোনো প্রাণীর মলে অ্যাসিটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি (Preparation): (i) **ইথাইল অ্যালকোহল জারণ** (Oxidation of Ethyl alcohol): ইথাইল অ্যালকোহলকে প্লাটিনাম ব্ল্যাক অনুঘটকের সংস্পর্শে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত করিয়া অথবা পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) এবং সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) দ্বারা জারিত বা অক্সিডাইজ করিয়া অ্যাসিটিক অ্যাসিড তৈরী করা যায়। যথা:

$$\underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3CH_2OH} + [O] \rightarrow \underset{\text{অ্যাসিট্যালডিহাইড}}{CH_3CHO} + [O] \rightarrow \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH}$$

(ii) **মিথাইল সায়ানাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণ** (Hydrolysis of methyl cyanide): লঘু অ্যাসিডের সাহায্যে মিথাইল সায়ানাইডকে (CH_3CN) আর্দ্র বিশ্লেষণ করিয়াও অ্যাসিটিক অ্যাসিড তৈরী করা যায়। যথা:

$$CH_3CN + 2H_2O + HCl = \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH} + NH_4Cl$$

ঃ (Commercial Process)

সিড হইতে (From Pyroligneous

রোলিগনিয়াস অ্যাসিড পাওয়া যায় তার

মধ্যে 10% অ্যাসিটিক অ্যাসিড থাকে। এই অ্যাসিড চুন-গোলার [$Ca(OH)_2$—milk of lime] সঙ্গে মিশাইয়া ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটে পরিণত করা হয়। এই ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) মিশাইয়া পাতিত করিলে অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। যথা :

$$\text{(i)} \quad \text{পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড} \xrightarrow{Ca(OH)_2} \underset{\text{ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট}}{(CH_3COO)_2Ca}$$

$$\text{(ii)} \quad (CH_3COO)_2Ca + H_2SO_4 \rightarrow \text{পাতন} \rightarrow \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{2CH_3COOH} + \underset{\text{Ca-সালফেট}}{CaSO_4}$$

2. **ক্যালসিয়াম কার্বাইড হইতে** (From Calcium Carbide) ; (i) জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম কার্বাইড (CaC_2) অ্যাসিটিলিন (C_2H_2) উৎপন্ন করে। যথা : $CaC_2+2H_2O=Ca(OH)_2+C_2H_2$

(ii) এই অ্যাসিটিলিন গ্যাস মারকিউরিক অক্সাইড বা সালফেট মিশ্রিত লঘু ও উষ্ণ সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণে প্রবাহিত করিয়া অ্যাসিট্যালডিহাইড (CH_3CHO) প্রস্তুত করা হয়। যথা :

$$\underset{\text{অ্যাসিটিলিন}}{CH\equiv CH} + H_2O = \underset{\text{অ্যাসিট্যালডিহাইড}}{CH_3CHO}$$

(vii) এই অ্যাসিট্যালডিহাইডকে ম্যাঙ্গানীজ অ্যাসিটেট অনুঘটকের সংস্পর্শে বায়ুর অক্সিজেনের সাহায্যে জারিত করিয়া অ্যাসিডে পরিণত করা হয়। যথা :

$$\underset{\text{অ্যাসিট্যালডিহাইড}}{CH_3CHO} + [O] \rightarrow \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH}$$

3. **মাইকোডারমা অ্যাসিটির** (Mycoderma aceti) **সাহায্যে** : সুরা জাতীয় ইথাইল অ্যালকোহল **মাইকোডারমা অ্যাসিটি** নামের ব্যাকটিরিয়ার সাহায্যে জারিত করিয়া 'ভিনিগারে' পরিণত করা হয়। এই ভিনিগার লঘু ও অশুদ্ধ অ্যাসেটিক অ্যাসিড।

$$CH_3CH_2OH \overset{\overset{\rightarrow}{\text{জারণ}}}{(O)} CH_3CHO \overset{\overset{\rightarrow}{\text{জারণ}}}{(O)} CH_3COOH$$

গ্লাসিয়েল অ্যাসিটিক অ্যাসিড (Glacial Acetic Acid)

সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) দ্বারা অ্যাসেটিক অ্যাসিড প্রশমিত করিয়া প্রথমে সোডিয়াম অ্যাসিটেট তৈরী করা হয়। যথা :

$$\underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{2CH_3COOH} + Na_2CO_3 = \underset{\text{সোডিয়াম অ্যাসিটেট}}{2CH_3COONa} + CO_2 + H_2O$$

এই সোডিয়াম অ্যাসিটেট লবণে তিন অণু স্ফটিক জল থাকে। যথা : $CH_3COONa, 3H_2O$.

এই আর্দ্র সোডিয়াম অ্যাসিটেট বিগলিত করিয়া অনার্দ্র লবণে পরিণত করা হয় এবং পরে ইহা ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে পাতিত করিয়া অ্যাসিটিক অ্যাসিড তৈরী করা হয়। এই অ্যাসিড শীতল করিলে স্বচ্ছ বরফের ন্যায় বর্ণহীন স্ফটিকাকারে জমিয়া ওঠে। এজন্য ইহাকে 'গ্লাসিয়েল' অ্যাসেটিক অ্যাসিড বলা হয়।

$$2CH_3COOHa + H_2SO_4 = 2CH_3COOH + Na_2SO_4$$

ইহার গলনাংক 16·7°C এবং স্ফুটনাংক 119° C

সাধারণ ধর্ম (Common properties of acetic acid) : অ্যাসিটিক অ্যাসিড একরকম তীব্র গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল। (ii) ইহার স্ফুটনাংক 119°C এবং গলনাংক 16 C, (iii) ইহা জলের চেয়ে ভারী এবং জল, অ্যালকোহল বা ইথারের সঙ্গে সব অনুপাতে মিশ্রিত হয়।

(iv) **ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের বিক্রিয়া** (Action of phosphorus Pentachloride) : এই অ্যাসিডের কার্বক্সিল—OH মূলক ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইড (PCl_5) দ্বারা অপসারিত হয়। যথা :

$$\underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH} + PCl_5 \rightarrow \underset{\text{অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড}}{CH_3COCl} + HCl + POCl_3$$

'CH_3CO-' এই মূলককে **অ্যাসিটাইল** (acetyl radical) মূলক বলা হয়।

(v) **অ্যালকোহলের বিক্রিয়া** (Action of alcohol) : ইথাইল [illegible] অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় সুমিষ্ট গন্ধযুক্ত ইথাইল

$$\cdot\ \underset{\text{ইথাইল অ্যাসিটেট}}{CH_3COOC_2H_5} + H_2O$$

(vi) **ক্লোরিন বা ব্রোমিনের বিক্রিয়া** (Action of Chlorine or Bromine) ঃ সূর্যালোক এবং অনুঘটকের সংস্পর্শে অ্যাসেটিক অ্যাসিডে ক্লোরিন চালনা করিলে পর্যায়ক্রমে মনো, ডাই এবং ট্রাই-ক্লোরো অ্যাসিটিক অ্যাসিড গঠিত হয়। ব্রোমিনও এরূপ অ্যাসিড গঠনে সক্ষম।

$$CH_3COOH \xrightarrow{Cl_2} CH_2ClCOOH \xleftarrow{Cl_2} CHCl_2COOH \xrightarrow{Cl_2} CCl_3COOH$$

অ্যাসিটিক অ্যাসিড	মনো-ক্লোরো অ্যাসিটিক অ্যাসিড	ডাই-ক্লোরো অ্যাসিটিক অ্যাসিড	ট্রাই-ক্লোরো অ্যাসিটিক অ্যাসিড

(vii) **বিজারণ ক্ষমতা নাই** ঃ ফরমিক অ্যাসিডের বিজারণ ক্ষমতা বর্তমান, কিন্তু অ্যাসিটিক অ্যাসিডের বিজারণ ক্ষমতা নাই।

(viii) **অ্যাসিডের লবণ গঠন** (Metallic acetates) ঃ অ্যাসিটিক অ্যাসিড ক্ষার ও ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়ার ধাতব **অ্যাসিটেট লবণ** গঠন করে। একমাত্র সিলভার অ্যাসিটেট ছাড়া সমস্ত লবণ জলে দ্রবণীয়।

অ্যাসিটেট লবণের ব্যবহার (Uses of metallic acetates) ঃ ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট অ্যাসিটোন তৈরী করার জন্য, লেড অ্যাসিটেট রঙ শিল্পে ও ঔষধরূপে এবং লোহা ও অ্যালুমিনিয়ামের অ্যাসিটেট রঙ পাকা করার জন্য ব্যবহার করা হয়।

$$\underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{2CH_3COOH} + Ca(OH)_2 = \underset{\text{ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট}}{(CH_3COO)_2Ca} + 2H_2O$$

অন্যান্য ধাতব অ্যাসিটেট—$(CH_3COO)_2Pb$—লেড অ্যাসিটেট ; CH_3COONH_4—অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট, $(CH_3COO)_3Al$—অ্যালুমিনিয়াম অ্যাসিটেট

অ্যাসিটিক অ্যাসিডের ব্যবহার (Uses of aectic acid) : (i) দ্রাবক ও রসায়নাগারের বিকারক রূপে, (ii) নানা প্রকার চাটনী তৈরী করার জন্য, (iii) মাছ মাংসের রক্ষণে, (iv) রবার ঘন করার জন্য অ্যাসিটিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। অ্যালুমিনিয়াম ও ক্রোমিয়াম অ্যাসিটেট রঙ পাকা করার জন্য, কপার অ্যাসিটেট ঘন রঙ তৈরী করার প্রয়োজনে, (v) সেলুলুজ অ্যাসিটেট 'রেয়ন' ও কৃত্রিম সিল্ক তৈরী করার জন্য এবং (vi) লেড অ্যাসিটেট তথা 'লেড সুগার' ঔষধ প্রস্তুতির জন্য এবং রঙ শিল্পে ব্যবহার করা হয়।

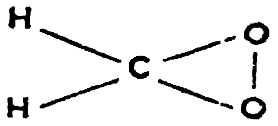
ফ্যাটি অ্যাসিডের আকৃতিক বা সংযুতি ফর্মুলা

(Structural formulæ of fatty acids)

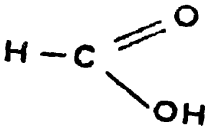
ফরমিক অ্যাসিড [HCOOH] :

(i) ফবমিক অ্যাসিডেব আণবিক ফর্মুলা : CH_2O_2

(ii) ফবমিক অ্যাসিডেব আণবিক ফর্মুলা (CH_2O_2) অনুযায়ী দুই বকম **আকৃতি** বা **সংযুতি ফর্মুলার** কাঠামো বচনা করা যায় : যথা :



(1)



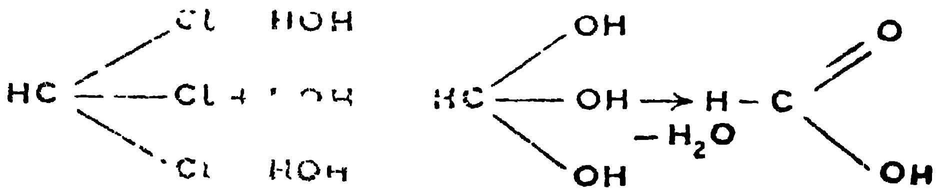
(2)

(iii) ফবমিক অ্যাসিডেব দুইটি হাইড্রোজেন পবমাণুর মধ্যে একটিকে ধাতুব পরমাণু দ্বাবা প্রতিস্থাপিত করা যায়। যথা : (HCOONa), ইহাতে প্রমাণিত হয় যে ফবমিক অ্যাসিড অণুতে দুইটি H-পবমাণু ভিন্নভাবে অবস্থিত।

(iv) ফস্‌ফবাস পেণ্টা-ক্লোবাইড (PCl_5) ফবমিক অ্যাসিড হইতে হাইড্রোক্লোবিক অ্যাসিড উৎপন্ন কবে। PCl_5 অ্যালকোহল হইতেও HCl উৎপন্ন করে। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে অ্যালকোহলের ন্যায় ফবমিক অ্যাসিডেও OH-মূলক আছে।

(v) ফবমিক অ্যাসিড বিজাবক পদার্থ। সুতবাং ইহার মধ্যে একটি—CHO-মূলক বর্তমান।

(vi) ক্লোরোফর্ম হইতে সংশ্লেষণী পন্থায় ফরমিক অ্যাসিড তৈরী কবা যায়। যথা :



ফরমিক অ্যাসিড

[illegible] ইহাই ফবমিক অ্যাসিডের

[illegible] যথার্থ সংযুক্তি ফর্মুলা।

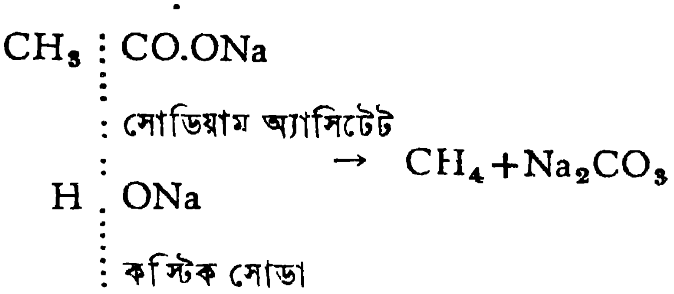
অ্যাসিটিক অ্যাসিড [CH_3COOH] :

(i) অ্যাসিটিক অ্যাসিডের আণবিক ফর্মুলা $C_2H_4O_2$

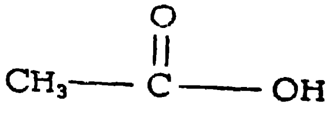
(ii) সোডিয়াম পরমাণু দ্বারা অ্যাসিটিক অ্যাসিডের একটি হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত করিয়া সোডিয়াম অ্যাসিটেট ($C_2H_3O_2Na$) গঠন করা যায়। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে, অ্যাসিটিক অ্যাসিডের একটি H পরমাণু অন্যান্য H পরমাণুগুলির হইতে ভিন্নভাবে অবস্থিত।

(iii) PCl_5 অ্যাসিটিক অ্যাসিড হইতে এবং অ্যালকোহল হইতেও HCl উৎপন্ন করে। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে অ্যাসিটিক অ্যাসিডে একটি—OH-মূলক বর্তমান।

(iv) সোডিয়াম অ্যাসিটেট ও কস্টিক সোডার বিক্রিয়ায় মিথেন (CH_4) উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম অ্যাসিটেটে মিথাইল মূলক (CH_3) আছে বলিয়াই CH_4 গঠন সম্ভব। যথা :

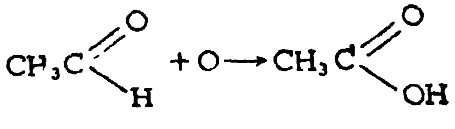


(v) এই সমস্ত তথ্য হইতে অ্যাসিটিক অ্যাসিডের সংযুতি বা আকৃতিক ফর্মুলা লেখা যায় :



$$CH_3-\overset{\overset{\textstyle O}{\|}}{C}-OH$$

(iv) অ্যাসিট্যালডিহাইড জারিত হইয়া অ্যাসিটিক অ্যাসিড গঠিত হয়। এরূপ বিক্রিয়া উল্লিখিত সংযুতি ফর্মুলাকেই সমর্থন করে। যথা :



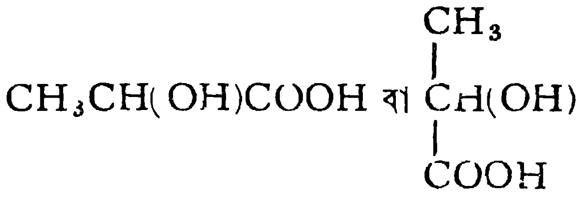
অ্যাসিট্যালডিহাইড **অ্যাসিটিক অ্যাসিড**

নিত্য ব্যবহার্য কয়েকটি জৈব অ্যাসিড

(Some organic acid of everyday use)

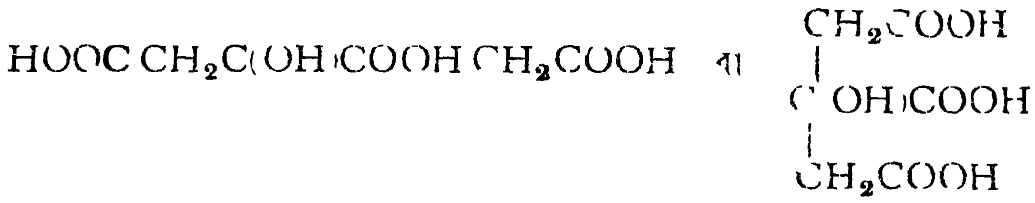
ফল, মূল, পত্র এবং দইয়ের সঙ্গে অনেক প্রকার জৈব অ্যাসিড আমরা খাদ্যরূপে গ্রহণ করিয়া থাকি। বস্তুত যে-ফল বা পত্র অথবা কোন জৈব পদার্থে অম্ল স্বাদ পাওয়া যায় তাহাতেই জৈব অ্যাসিড বর্তমান। এই সমস্ত অ্যাসিডের মধ্যে একাধিক কার্বকসিল (COOH)-মূলক অথবা অতিরিক্ত হাইড্রোকসিল (–OH)-মূলক থাকে।

দইয়ের মধ্যে যে অ্যাসিড বর্তমান তাহার নাম **ল্যাকটিক অ্যাসিড** (Lactic acid)। ইহার ফর্মুলা:



$$CH_3CH(OH)COOH \text{ বা } \begin{array}{l} CH_3 \\ | \\ CH(OH) \\ | \\ COOH \end{array}$$

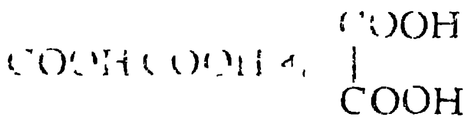
অনেক অম্লফলে যথা, লেবু, কমলা, টম্যাটো ইত্যাদি টক ফলের মধ্যে থাকে **সাইট্রিক অ্যাসিড** (citric acid)। ইহার ফর্মুলা:



$$HOOC\,CH_2C(OH)COOH\,CH_2COOH \text{ বা } \begin{array}{l} CH_2COOH \\ | \\ C(OH)COOH \\ | \\ CH_2COOH \end{array}$$

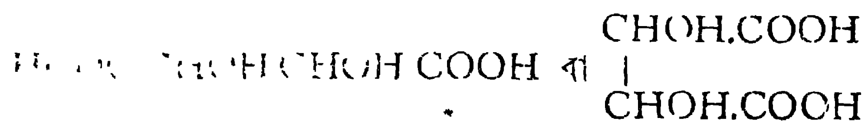
এই অ্যাসিড দুইটিতে OH-মূলক পাওয়া যায়।

পালং পাতার ন্যায় টক পাতার এবং মূলা জাতীয় সবজীতে যে অ্যাসিডটি পাওয়া যায় তাহার নাম অক্‌জেলিক অ্যাসিড [illegible]। ইহার ফর্মুলা:



$$COOH.COOH \text{ বা } \begin{array}{l} COOH \\ | \\ COOH \end{array}$$

তেঁতুল, আঙ্গুর ইত্যাদি ফলে পাওয়া যায় টারটারিক অ্যাসিড। ইহার ফর্মুলা



$$HOOC.CHOH.CHOH.COOH \text{ বা } \begin{array}{l} CHOH.COOH \\ | \\ CHOH.COOH \end{array}$$

[illegible], শাক-সবজী এবং মাছের সঙ্গে

Questions to be discussed

1. What is a fatty acid ? Give two examples. What are the characteristics of fatty acids ? What is the general principle of preparation of fatty acids ?

2. What is the laboratory method of preparation of formic acid ? Can it be prepared synthetically ? How do you account for its reducing property ? State is uses.

3. How is acetic acid prepared ? What is vinegar ? What are the reactions of chlorine and sulphuric acid on acetic acid ?

4. What is acetic acid ? What are the uses of acetates ? What is glacial acetic acid ? How is it prepared ? What are its uses ?

5 How are anhydrous formic and glacial acetic acids prepared ? What is the product of reaction of acetic acid with methyl alcohol ?

6 How are the following compounds prepared ? - Glacial acetic acid, calcium acetates and tri-chloro acetate. What are their uses ?

7 What happens when (i) Methyl alcohol is oxidised, (ii) Formic acid is added to ammoniacal silver nitrate solution, (iii) Oxalic acid is heated, (iv) Ethyl alcohol is oxidised (v) Phosphorus pentachloride is added to acetic acid, (vi) Chlorine passed into acetic acid and (vii) Acetic acid is reduced ?

8. How would you prepare Formic acid ? Give equation with structural formulae of the compound. [*H S. 1965*]

৮

এস্টার : স্নেহ, তেল ও সাবান

1782 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী শিলী উদ্ভিদ হইতে একরকম সুমিষ্ট গন্ধযুক্ত তেল আবিষ্কার করেন। এরূপ সুমিষ্ট গন্ধ-তেলের নাম দেওয়া হয় এস্টার (Ester)। পরে জানা যায়, **এই এস্টার জাতীয় পদার্থ অ্যালকোহল এবং ফ্যাটি তথা স্নেহাক্ত অ্যাসিডের সংযোগে গঠিত একপ্রকার জৈব যৌগ।**

অজৈব খনিজ অ্যাসিড (HCl) এবং হাইড্রোকসিল (OH)-মূলকযুক্ত ক্ষারের (NaOH) বিক্রিয়ায় লবণ ও জল তৈরী হয়। সেইরূপ ফ্যাটি অ্যাসিড ও হাইড্রোকসিল মূলকযুক্ত অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় এস্টার ও জল গঠিত হয়। যথা :

মূল বিক্রিয়া :

$$\text{অ্যাসিড+অ্যালকোহল} \underset{\text{আর্দ্র-বিশ্লেষণ}}{\overset{\text{এস্টারীভবন}}{\rightleftharpoons}} \text{এস্টার+জল}$$

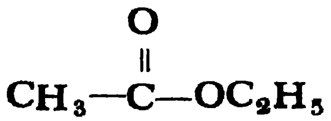
$$\underset{\text{ক্ষার}}{NaOH} + \underset{\text{খনিজ অ্যাসিড}}{HCl} = \underset{\text{লবণ}}{NaCl} + \underset{\text{জল}}{H_2O}$$

$$\underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{C_2H_5OH} + \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH} \rightleftharpoons \underset{\text{ইথাইল অ্যাসিটেট}}{CH_3COOC_2H_5} + \underset{\text{জল}}{H_2O}$$

অ্যালকোহল ও অ্যাসিডের অ্যালকিল মূলকের নামানুসারে এস্টারের পরি[illegible] দেওয়া হয়। এস্টারের নামের পূর্বে থাকে অ্যালকোহলের অ্যালকিল মূলকের নাম এবং পরে অ্যাসিডের নাম। যথা : ইথাইল অ্যাসিটেট ($CH_3COOC_2H_5$) [illegible] এস্টারের সাধারণ ফর্মুলা (R-COO-R_1), R ও R_1 [illegible] অ্যালকিল মূলকের প্রতীক। সাধারণভাবে

অ্যাসিডের সঙ্গে অ্যালকোহলের
যে যৌগ গঠিত হয় তাহাই

ইথাইল অ্যাসিটেট [$CH_3COOC_2H_5$] বা (Ethyl Acetate)



$$CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OC_2H_5$$

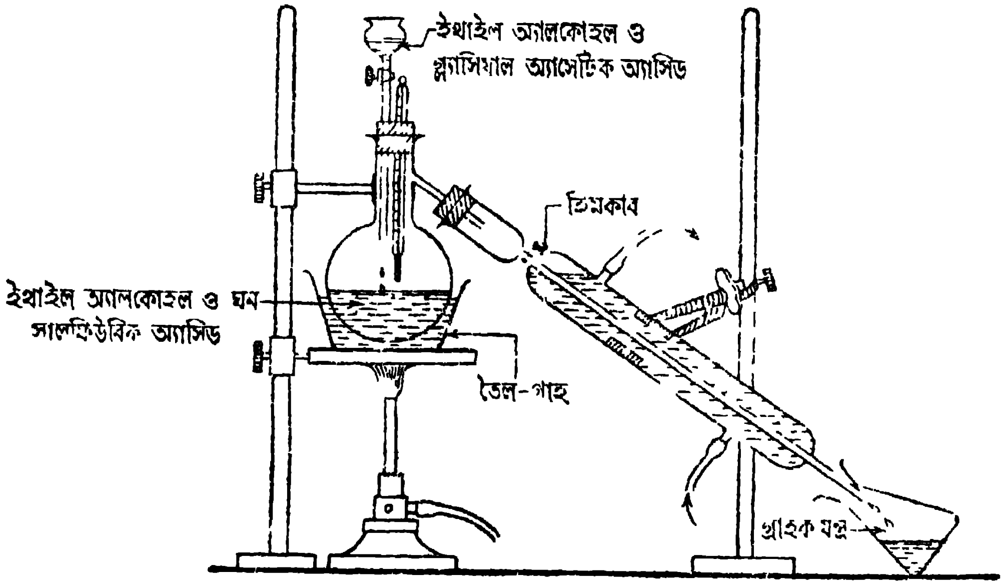
পরিচয় : বিজ্ঞানী শিলী প্রথমে যে পদ্ধতিতে এস্টার প্রস্তুত করেন এখনও সেই পদ্ধতি প্রচলিত রহিয়াছে। **ইথাইল অ্যাসিটেট নামক এস্টারও** মূলত শিলীর পদ্ধতিতেই প্রস্তুত করা হয়। বিভিন্ন ফলের মধ্যে সুমিষ্ট গন্ধযুক্ত যে তেল পাওয়া যায় তাহা ইথাইল অ্যাসিটেট।

রসায়নাগারের প্রস্তুতি (Preparation) : ইথাইল অ্যালকোহল ও গ্লাসিয়েল অ্যাসেটিক অ্যাসিড সম-আয়তনে মিশ্রিত করিয়া ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড অথবা অন্য কোন বিশোষক (dehydrating agent) সহ 150°C তাপাংকে উত্তপ্ত করিলে ইথাইল অ্যাসিটেট তৈরী হয় এবং ইহাকে পাতিত করিয়া পাতন পাত্রে সংগৃহীত করা হয়। বিক্রিয়া ঘটে অনুরূপভাবে :

$$\,_2H_5OH + CH_3COOH + [\text{ঘন } H_2SO_4] \xrightarrow[\text{উত্তাপন}]{150^\circ C} CH_3COOC_2H_5 + H_2O + H_2SO_4]$$

থাইল অ্যালকোহল　অ্যাসেটিক অ্যাসিড　ইথাইল অ্যাসিটেট

পরীক্ষা (Expt) : সম-আয়তন ইথাইল অ্যালকোহল (C_2H_5OH) এবং ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড একটি ফ্লাস্কের মধ্যে রাখিয়া তৈল গাহের (oil-bath) উপরে 150°C তাপাংকে উত্তপ্ত করা হয়। এই মিশ্রণের উপরে সম-আয়তনে মিশ্রিত ইথাইল অ্যালকোহল ও গ্লাসিয়াল অ্যাসেটিক অ্যাসিড বিন্দুপাতী



ফানেল (dropping funnel) হইতে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ফেলা হয়। যে পরিমাণে উৎপন্ন ইথাইল অ্যাসিটেট পাতিত হইয়া গ্রাহক পাত্রে গিয়া জমা হয় সেই পরিমাণে অ্যাসিড ও অ্যালকোহলের মিশ্রণ বিন্দুপাতী ফানেল হইতে ফেলা হয়। উৎপন্ন ইথাইল অ্যাসিটেট পাতিত হইয়া হিমকারকের (condenser) মাধ্যমে গ্রাহক পাত্রে তরলরূপে সংগৃহীত হয়।

উৎপন্ন ইথাইল অ্যাসিটেট পরপর সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ (Na_2CO_3) এবং ঘন ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$) দ্রবণের সঙ্গে ঝাঁকাইয়া বিশুদ্ধ করা হয়। এই বিশুদ্ধ ইথাইল অ্যাসিটেট পুনরায় পাতিত করিয়া লওয়া হয়।

ইথাইল অ্যাসিটেট বর্ণহীন সুমিষ্ট গন্ধযুক্ত তরল পদার্থ। ইহার স্ফুটনাংক 77.5°C, ইহা জলে সামান্য পরিমাণে দ্রবণীয়।

ধর্ম : (i) PCl_2 ইহাকে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডে পরিণত করে। যথা :

$$CH_3COOC_2H_5 + PCl_5 = CH_3COCl + C_2H_5Cl + POCl_3$$

(ii) জায়মান হাইড্রোজেন—ইহাকে ইথাইল অ্যালকোহলে বিজারিত করে।

$$CH_3COOC_2H_5 + 4H = 2CH_3CH_2OH$$

ব্যবহার : কৃত্রিম সুগন্ধি বা এসেন্স (Essences or Essential oil) : কোন কোন এস্টারের মধ্যে আনারস, কলা ও অন্যান্য ফলের গন্ধ পাওয়া যায়। ইথাইল ফরমেটে 'রাম' (Rum) বা ইক্ষু-মদের গন্ধ, অ্যামাইল অ্যাসিটেটে পাকাকলার গন্ধ, আইসো-অ্যামাইল অ্যাসিটেটে বুটের গন্ধ, ইথাইল বিউটিরেটে আনারসের গন্ধ এবং আইসো-অ্যামাইল আইসো-ভ্যালারেট আপেলের গন্ধ বহন করে। এ সব এস্টার খাদ্যে সুগ[illegible] করা হয়। অনেক উদ্ভিদ হইতে নির্যাসরূপে তৈল নিষ্কাশিত করা হয় এবং এরূপ তেলে এস্টার থাকে। [illegible] তেল [illegible] বা এসেন্সরূপে (essence) ব্যবহার করা হয়।

এস্টারের আর্দ্র-বিশ্লেষণ (Hydrolysis of Esters) : জলের সংস্পর্শে এস্টারের আর্দ্র-[illegible] হাইড্রোলিসিস ঘটে এবং এস্টার ভাঙ্গিয়া পুনরায় [illegible] গঠিত হয়। লঘু হাইড্রোক্লোরিক, লঘু সালফিউরিক [illegible] লঘু ক্ষারের সংস্পর্শে এরূপ আর্দ্র-বিশ্লেষণের ক্রিয়া

[illegible] $CH_3COOH + C_2H_5OH$

অ্যাসিটিক অ্যাসিড ইথাইল অ্যালকোহল

অজৈব অ্যাসিডের এস্টারও সহজেই তৈরী করা যায়। ইথাইল অ্যালকোহল ও সালফিউরিক অ্যাসিড সম-আয়তনে মিশাইয়া জলগাহের মধ্যে এক ঘণ্টা উত্তপ্ত করিলে **ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট** ($C_2H_5HSO_4$) তৈরী হয়। যথা :

$$C_2H_5OH + H_2SO_4 = C_2H_5HSO_4 + H_2O$$

ইহা অম্লস্বাদের ঘন তরল এবং উত্তপ্ত জলের সংস্পর্শে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া পুনরায় অ্যাসিড ও অ্যালকোহলে পরিণত হয়। যথা :

$$C_2H_2HSO_4 + H_2O \rightleftharpoons C_2H_5OH + H_2SO_4$$

তেল ও স্নেহ তথা অয়েল ও ফ্যাট
(Oil and Fat)

বিভিন্ন তেল বা অয়েল (Different kinds of oils) : আমরা তিন শ্রেণীর তেলের সঙ্গে পরিচিত। (i) প্রথম শ্রেণী : অনুদ্বায়ী **জৈব ও উদ্ভিজ্জ তেল** (animal and vegetable oil), (ii) দ্বিতীয় শ্রেণী : উদ্বায়ী **সুগন্ধি তেল** (essential oil) এবং (iii) তৃতীয় শ্রেণী : **খনিজ তেল** (mineral oil) এবং (iv) **মোম** (wax)।

1 **খনিজ তেল (Mineral oil)** : খনিগর্ভে এরূপ তেল অশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়। ইহার বিভিন্ন হাইড্রোকার্বন যৌগের মিশ্রণ। এরূপ খনিজ তেল পাতিত করিলে উদ্বায়ী অংশরূপে পেট্রোল, কেরোসিন, গ্যাসোলীন ইত্যাদি পাওয়া যায় (407-3 পৃষ্ঠা দ্রষ্টব্য)।

2 **জৈব ও উদ্ভিজ্জ তেল (Animal and vegetable oil)** : উদ্ভিদ বা জীবদেহ হইতে এরূপ তেল পাওয়া যায়। সরিষার তেল, নারকেল তেল, পাম তেল, অলিভ তেল, মাছের তেল, কডলিভার তেল ইত্যাদি এরূপ তেলের উদাহরণ। ইহারা জলের চেয়ে হালকা ও জলে অদ্রবণীয় কিন্তু বেঞ্জিন, ইথার ইত্যাদি জৈব দ্রবণে দ্রবণীয়। ফুল বা উদ্ভিদের বীজ যথা সরিষা, বাদাম, জলপাই ইত্যাদি যন্ত্রে পেষণ করিয়া এরূপ তেল নিষ্কাশিত করা হয়। জৈব তেলকে চর্বি বলা হয়। জলের সঙ্গে মাছ, মাংস ইত্যাদি ফুটাইলে চর্বি জলের উপরে ভাসিয়া ওঠে। চর্বিও জৈব তেল, কিন্তু সাধারণ অবস্থায় কঠিনাকার। এই জৈব ও উদ্ভিজ্জ তেলও এস্টার কিন্তু ইহারা গুরুভার জৈব অ্যাসিড ও গ্লিসারিন জাতীয় অ্যালকোহলের সংযোগে গঠিত এস্টার।

3. **উদ্বায়ী তেল** (Essential oil) : ফুল বা ফলের সুগন্ধি নির্যাসরূপে প্রাপ্ত উদ্বায়ী তেলকে এসেন্সিয়েল তেল বা উদ্বায়ী তেল বলা হয়। আতর, (গোলাপের নির্যাস), চন্দন তেল, ইউক্যালিপটাস তেল, অন্যান্য এসেন্স ইত্যাদি এরূপ উদ্বায়ী তেলের উদাহরণ। ইহাদের ভিতর প্রায়ই নানা রকম বৃত্তাকার জৈব যৌগ।

4. **মোম** (Wax) : মোম কঠিনাকার এস্টার জাতীয় পদার্থ। কিন্তু এরূপ এস্টার গ্লিসারিন হইতে তৈরী হয় না। ইহা গুরুভার অ্যালকোহল ও জৈব অ্যাসিডের সংযোগে গঠিত হয়।

তেল ও স্নেহ (Oils and Fats) : **তেল ও স্নেহ বা অয়েল এবং ফ্যাটের মধ্যে মূলত কোন পার্থক্য নাই। উভয়েই গ্লিসারল নামের অ্যালকোহল এবং ফ্যাটি অ্যাসিডের সংযোগে গঠিত এস্টার জাতীয় জৈব যৌগ এবং উভয়কেই ফ্যাটি অ্যাসিডের গ্লিসারাইড** (Glycerides of Fatty Acids) **বলা হয়।** যে সমস্ত পদার্থকে তেল বলা হয় তাহা স্বাভাবিক উষ্ণতায় তরল কিন্তু ফ্যাট বা স্নেহ জাতীয় পদার্থ স্বাভাবিক উষ্ণতায় কঠিন। কিন্তু নারিকেল তেল গরমের দিনে স্বাভাবিক অবস্থায় তরল এবং শীতের দিনে স্নেহ বা চর্বির ন্যায় কঠিন। সাধারণভাবে বলা যায় যে সমস্ত গ্লিসারাইড 20°C তাপাংকে তরল তাহাদের বলা হয় **তেল** (oil) এবং যেগুলি কঠিন সেগুলিকে বলা হয় **স্নেহ, চর্বি বা ফ্যাট** (Fat)। একটি বিষয়ে অবশ্য সামান্য পার্থক্য দেখা যায়। স্বাভাবিক অবস্থায় যে সমস্ত গ্লিসারাইড তরল সেগুলির মধ্যে সাধারণত অসম্পৃক্ত অ্যাসিড থাকে। সাধারণভাবে বলা যায় :

গ্লিসারল + ফ্যাটি অ্যাসিড → তেল বা স্নেহ (গ্লিসারাইড)

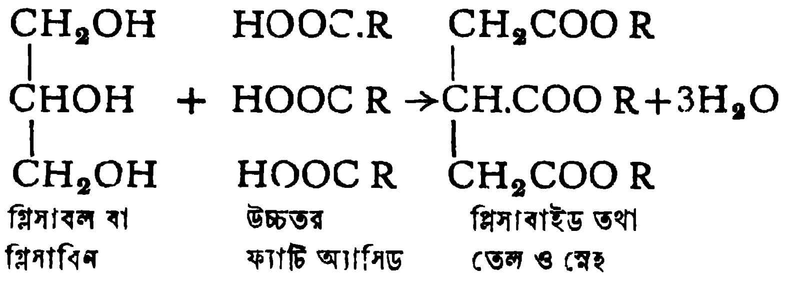
সকল স্নেহ জাতীয় পদার্থে একাধিক উচ্চতর ফ্যাটি অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই অ্যাসিডগুলির মধ্যে পামিটিক অ্যাসিড, ষ্টিয়ারিক অ্যাসিড ও অলিইক অ্যাসিডের নাম বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য। এইসব অ্যাসিডের [illegible]

$$C_{15}H_{31}COOH$$

$$C_{17}H_{35}COOH$$

$$C_{17}H_{33}COOH$$

এই সমস্ত মনোবেসিক ফ্যাটি অ্যাসিডের **অ্যালকিল** তথা হাইড্রোকার্বন মূলকের ফর্মুলা :—$C_{15}H_{31}$, $C_{17}H_{35}$, $C_{17}H_{33}$ ইত্যাদি। ইহাদের প্রতীক ধরা যায়—R :



$$\begin{array}{lclcl} CH_2OH & & HOOC.R & & CH_2COO\,R \\ | & & & & | \\ CHOH & + & HOOC\,R & \rightarrow & CH.COO\,R + 3H_2O \\ | & & & & | \\ CH_2OH & & HOOC\,R & & CH_2COO\,R \\ \text{গ্লিসারল বা} & & \text{উচ্চতর} & & \text{গ্লিসারাইড তথা} \\ \text{গ্লিসারিন} & & \text{ফ্যাটি অ্যাসিড} & & \text{তেল ও স্নেহ} \end{array}$$

(R—এখানে অ্যালকিল মূলকের প্রতীক)

তেল ও স্নেহ জলে অদ্রবণীয় কিন্তু বেঞ্জিন, অ্যাসিটোন, ইথার ও কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড জাতীয় জৈব তরলে দ্রবণীয়।

বিশোষক তেল (Drying oil) : তিসির তেলের ন্যায় উদ্ভিদ্ তেল **অসম্পৃক্ত জৈব অ্যাসিডের গ্লিসারাইড** যৌগ। ইহারা বায়ুর অক্সিজেন শোষণ করিয়া ধীরে ধীরে **শুকাইয়া** যায় এবং রজনের ন্যায় একটি শুষ্ক পদার্থে পরিণত হয়। এরূপ তেলকে **বিশোষক তেল** বা **ড্রাইং-অয়েল** (বা fixed oil) বলা হয়। এরূপ তেল ভার্নিশ, রঙ ও 'অয়েল ক্লথ' তৈরী করার জন্য ব্যবহার করা হয়।

তেলের হাইড্রোজিনেশন (Hydrogenation of oil) : যে সমস্ত দ্রব তেলের মধ্যে **অসম্পৃক্ত অ্যাসিডের গ্লিসারাইড বর্তমান** সেই সমস্ত তেলের মধ্যে অনুঘটকের সংস্পর্শে হাইড্রোজেন চালাইয়া কৃত্রিম উপায়ে **অসম্পৃক্ত অ্যাসিডকে সম্পৃক্ত অ্যাসিডে** রূপান্তরিত করিয়া উদ্ভিদ্ তেলকে কঠিন স্নেহ বা চর্বি জাতীয় পদার্থে পরিণত করা যায়। এইভাবে তেলের মধ্যে হাইড্রোজেন চালাইয়া তেলকে চর্বি বা স্নেহ জাতীয় পদার্থে পরিণত করার রাসায়নিক ক্রিয়াকে তেলের **হাইড্রোজিনেশন** বলা হয়। **বনস্পতি ঘি** এরূপ হাইড্রোজিনেটেড্ স্নেহ পদার্থ।

সাবান বা সোপ (Soap)

সাবান ঃ উচ্চতর আণবিক ওজনের ফ্যাটি অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাসিয়াম লবণকে সাবান বলা হয়। সোডিয়ামের লবণকে বলা হয় **শক্ত সাবান** (hard soap) এবং পটাসিয়ামের লবণকে বলা হয় **নরম সাবান** (soft soap)।

সাবানীভবন (Saponification) ঃ চর্বি বা তেল অর্থাৎ ফ্যাটি অ্যাসিডের গ্লিসারাইডের সঙ্গে ক্ষার মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে গ্লিসারাইড আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া প্রথমে ফ্যাটি অ্যাসিড ও গ্লিসারিন তৈরী হয় এবং এই ফ্যাটি অ্যাসিড ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাসিয়াম লবণ তৈরী করে। জৈব অ্যাসিডের এই লবণই সাবান এবং এরূপ আর্দ্র-বিশ্লেষণের রাসায়নিক পদ্ধতিতে সাবান তৈরী করার বিক্রিয়াকে স্যাপোনিফিকেশন বা সাবানীভবন (Saponification) বলা হয়।

মূলনীতি ঃ (i) এস্টার + জল $\overset{\text{আর্দ্রবিশ্লেষণ}}{\rightleftharpoons}$ অ্যাসিড + অ্যালকোহল

(Principle) (ii) অ্যাসিড + ক্ষার → সোডিয়াম লবণ + জল
(সাবান)

(i) $(RCOO)_3C_3H_5 \xrightarrow[\text{বিশ্লেষণ}]{\text{আর্দ্র}} 3RCOOH + C_3H_5(OH)_3$
গ্লিসারাইড ফ্যাটি অ্যাসিড অ্যালকোহল (গ্লিসারিন)

(ii) $RCOOH + NaOH \rightarrow RCOONa + H_2O$
ফ্যাটি অ্যাসিড ক্ষার সোডিয়াম লবণ (সাবান) জল

(R– অ্যালকিল মূলকের প্রতীক)

সোডিয়াম স্টিয়ারেট সাবান ঃ

(i) $(C_{17}H_{35}COO)_3C_3H_5 + 3H_2O$
স্টিয়ারিন গ্লিসারাইড জল

$\xrightarrow[\text{বিশ্লেষণ}]{\text{আর্দ্র}} 3C_{17}H_{35}COOH + C_3H_5(OH)_3$
স্টিয়ারিক অ্যাসিড গ্লিসারিন

(ii) $C_{17}H_{35}COOH + NaOH \rightarrow C_{17}H_{35}COONa + H_2O$
স্টিয়ারিক অ্যাসিড ক্ষার সোডিয়াম স্টিয়ারেট (সাবান) জল

সাবান প্রস্তুতি (Preparation of Soap) ঃ সাবান তৈরী করার জন্য নারিকেল তেল, পামের তেল, অন্যান্য জৈব তেল এবং জৈব চর্বি ব্যবহার [illegible] তেল ও চর্বি মিশ্রিত করিয়া সেই মিশ্রণ 12—14% দ্রবণের সঙ্গে মিশাইয়া একটি লোহার পাত্রে বাষ্প দ্বারা উত্তপ্ত করা হয়। ইহার ফলে পাত্রে সাবান, গ্লিসারিন ও জল তৈরী হয়। সাবান,

গ্লিসারিন ও জলের এই মিশ্রণের মধ্যে সাধারণ লবণ ($NaCl$) মিশ্রিত করিলে দ্রবণ হইতে সাবান বিচ্ছিন্ন হইয়া পড়ে এবং দ্রবণের মধ্যে অবশিষ্ট থাকে গ্লিসারিন। এই সাবান জলে ধুইয়া ক্ষার মুক্ত করা হয় এবং এই ক্ষারমুক্ত সাবান পরে উত্তপ্ত করিয়া বিভিন্ন ছাঁচে ফেলিয়া বিভিন্ন আকারের সাবান তৈরী করা হয়। এই সাবানই কাপড় কাচা সাবান।

কার্বলিক সাবান (Carbolic soap): সাবানীকরণ বিক্রিয়ার সময়ে চর্বি ও ক্ষারের মিশ্রণে কার্বলিক অ্যাসিড তথা ফিনল মিশাইয়া যে সাবান তৈরী করা হয় তাহাই কার্বলিক সাবান।

টয়লেট সাবান (Toilet soap): সাধারণ বিশুদ্ধ সাবান খণ্ড খণ্ড করিয়া কাটিয়া প্রথমে শুকান হয়। এই শুষ্ক সাবানের সঙ্গে রঙ ও সুগন্ধী মিশাইয়া রোলারের চাপে পিষিয়া সাবান দণ্ডে পরিণত করা হয় এবং এই সাবান দণ্ড আবার খণ্ড খণ্ড করিয়া কাটিয়া ও পিটাইয়া সাবানের 'কেক' তৈরী করা হয়।

স্বচ্ছ সাবান (Transparent Soap): সাধারণ সাবান অ্যালকোহলের মধ্যে দ্রবীভূত করিয়া এবং সেই অ্যালকোহল বাষ্পায়িত করিলে অথবা সাবানের সঙ্গে গ্লিসারিন মিশাইয়া শুষ্ক করিলে স্বচ্ছ সাবান তৈরী হয়।

শীতল পদ্ধতি (Cold Process): শীতল পদ্ধতিতে সাবান প্রস্তুত করা হয় চর্বি, নারিকেল তেল ইত্যাদিকে উত্তপ্ত কস্টিক সোডার সঙ্গে মিশ্রিত করিয়া। এরূপ মিশ্রণকে লোহার পাত্রে ফুটাইবার প্রয়োজন নাই।

ভারতে প্রতি বৎসর প্রায় 80,000 টন বিভিন্ন ধরনের সাবান তৈরী হয়।

গ্লিসারিন (Glycerine): সাবান তৈরীর পরে লোহার পাত্রে 8—10% গ্লিসারিন পাওয়া যায়। এই গ্লিসারিনের সঙ্গে ক্ষার মিশ্রিত থাকে। অ্যাসিডের সাহায্যে প্রথমে ইহা ক্ষার মুক্ত করা হয়। পরে ফটকিরির সাহায্যে সাবান পাত্রের মূল দ্রবণের অন্যান্য ময়লা দূর করিয়া অতি-তপ্ত বাষ্পের সাহায্যে গ্লিসারিন দ্রবণ পাতিত করিয়া ঘন গ্লিসারিন সংগ্রহ করা হয়। এই জৈব যৌগ নাইট্রো-গ্লিসারিন তথা ডিনামাইট তৈরী করার জন্য ব্যবহার করা হয়। গ্লিসারিন কালী প্রস্তুতি, প্রসাধনী প্রস্তুতি এবং রবার, চর্ম ও সূতি শিল্পের কাজে ব্যবহার করা হয়।

Questions to be discussed

1. What is an Ester ? How would you prepare ethyl acetate ? What is its reaction with water ?

2. What is fat ? Is there any difference between fat and oil ? How are vegetable oils converted into fats ? Can you prepare fat out of mineral oil ?

3, Write short notes on :

Essential oil, drying oil, fat, mineral oil and vegetable oil. What oil is used for soap making ?

4 What is saponification ? What do you understand by soap ? How is soap prepared ? Name an important by-product of soap ? How are hard soap, carbolic soap, glycerine soap and toilet soap made ?

5 What is an ester ? Describe the preparation of a typical ester. What happens when this ester is boiled with caustic soda solution ? Oils are esters ; what products are obtained when they are hydrolysed with caustic alkali ? [*H. S. 1962*]

6 What do you understand by the term ester ? Give a neat labelled sketch of an apparatus used in chemical laboratory for the preparation of an ester

Mention briefly the essential steps in the process What happens when it is hydrolysed ? [*H S 1961 (comp)*]

7. Write briefly what you know about

(*a*) Fats and oils (*b*) Soap (*c*) Essences

[*H. S 1963* (*comp*)]

৯

কার্বোহাইড্রেট ঃ চিনি, স্টার্চ ও সেলুলুজ

চাউল, গম, ভুট্টা, চিনি, তুলা, বাঁশ, খড, কাঠ, কাগজ—এরূপ পদার্থগুলি আপাতত বিচিত্র ও বিভিন্ন মনে হইলেও রাসায়নিক অর্থে এই পদার্থগুলি মূলত অভিন্ন। ইহারা যে রাসায়নিক পদার্থ দ্বারা গঠিত তাহাকে বলা হয় **কার্বোহাইড্রেট** (carbohydrate)।

কার্বোহাইড্রেট কার্বন, হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন দ্বারা গঠিত (C, H এবং O)। জলের মধ্যে যে অনুপাতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন (H : O : : 2 : 1) বর্তমান, কার্বোহাইড্রেট যৌগেও কার্বনের সঙ্গে সেই অনুপাতে পাওয়া যায় হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন। এজন্যই এরূপ যৌগকে **কার্বোহাইড্রেট** (কার্বন-জল) বলা হয়।

কার্বোহাইড্রেটের শ্রেণী বিভাগ

(Classification of Carbohydrates)

কার্বোহাইড্রেট প্রধানত তিনটি শ্রেণীতে বিভক্ত :

(i) **চিনি** বা **সুগার** (Sugar) : সুক্রোজ বা স্যাকারোজ ($C_{12}H_{22}O_{11}$), গ্লুকোজ ($C_6H_{12}O_6$), ফ্রুকটোজ ($C_6H_{12}O_6$) ইত্যাদি।

(ii) **স্টার্চ** (Starch) : চাউল, গম, ভুট্টা, আলু, বালি, সাগু ইত্যাদি।

(iii) **সেলুলুজ** (Cellulose) ঃ তুলা, খড, পাট, বাঁশ, কাঠ, ঘাস ইত্যাদি।

স্টার্চ ও সেলুলুজের অণুগুলিতে কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা হাজারের উপরেও হইতে পারে। কোনো কোনো দ্রবণীয় স্টার্চের আণবিক ফর্মুলা : $C_{1200}H_{2000}O_{1000}$, স্টার্চ ও সেলুলুজের সাধারণ ফর্মুলা—$(C_6H_{10}O_5)_n$.

সুক্রোজ বা **আখের চিনি** (Sucrose or Cane Sugar) ঃ আখের ও বীটের চিনিকে সুক্রোজ বলা হয়।

অতি প্রাচীনকালেও ভারতে আখের চিনি তৈরী করা হইত। আলেকজান্দারের লোকেরা ভারত হইতে আখের চিনি তৈরী করার উপায় শিখিয়া যায়। ইউরোপে এক সময় আখের চিনি তাই 'ভারতীয় লবণ' নামে পরিচিত ছিল। বীট চিনি আবিষ্কৃত হয় মাত্র 1747 খ্রীষ্টাব্দে। জার্মান রাসায়নিক **মারগ্রাফ** ইহা আবিষ্কার করেন।

ভারতীয় আখে চিনির পরিমাণ 12—13% ; জাভার আখে—19% , পূর্বে বীটের মধ্যে চিনি পাওয়া যাইত 6% , কিন্তু এখন উন্নত পদ্ধতিতে চাষ করিয়া বীট মূলে 28% চিনি পাওয়া যায়।

সুক্রোজ প্রস্তুতি (Preparation of Sucrose) ঃ আখ খণ্ড খণ্ড করিয়া পেষণ যন্ত্রে 'মাড়াই' করিয়া রস বাহির করা হয়। এই আখের রসের সঙ্গে পোড়া চুন (CaO) মিশ্রিত করিয়া এবং এই মিশ্রণ জাল দিয়া রসের ময়লাগুলি জমাইয়া পুঞ্জীভূত করা হয়। এই ময়লা ছাঁকিয়া ফেলিয়া আখের রসের মধ্যে সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) গ্যাস চালাইয়া ইহা বিরঞ্জিত (bleaching) করিয়া এবং এই পরিস্রুত রসের জলীয় অংশ বাষ্পায়িত করিয়া চিনির দানা তৈরী করা হয়। পাত্রের বাদামী রঙের অবশিষ্ট তরল হইতে এই দানাদার চিনি ছাঁকিয়া লইবার পরে যে পদার্থটি পড়িয়া থাকে তাহাকে **চিটাগুড় বা 'মোলাসেস'** (molasses) বলা হয়। এই চিটাগুড় অ্যালকোহল ও রামজাতীয় দ্রব্য তৈরী করার জন্য এবং গরুর খাদ্যরূপে ও সার হিসাবে ব্যবহার করা হয়। চিনিকে জলে দ্রবীভূত করিয়া এবং পুনরায় কেলাসিত করিয়া **সাদা চিনি** তৈরী করা যায়। চিনির [illegible] দ্রবণ ঘন করিয়া তৈরী করা হয় **মিছরী**। ভারতে প্রায় 100টি চিনির কল বর্তমান এবং ইহার অধিকাংশ বিহার ও উত্তর প্রদেশে অবস্থিত।

গ্লুকোজ ও ফ্রুক্টোজ বা আঙ্গুরের চিনি (Glucose and Fructose or Grape Sugar) ঃ আঙ্গুরের রসে পাওয়া যায় বলিয়া গ্লুকোজকে আঙ্গুরের চিনি বা গ্রেপ **সুগারও** বলা হয়। ফলের মধুতে এবং অনেক
[illegible] পাওয়া যায়। মানুষের রক্ত ও মূত্রে
চিনি গঠিত হয় গ্লুকোজ ও ফ্রুক্টোজের
জলীয় দ্রবণে লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা
[illegible] ঘণ্টা দুই সেই দ্রবণ 40°C – 50°C

তাপাংকে উত্তপ্ত করিলে চিনি আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া গ্লুকোজ ও ফ্রুকটোজে পরিণত হয়। যথা :

$$\underset{\text{চিনি}}{C_{12}H_{22}O_{11}}+H_2O=\underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6}+\underset{\text{ফ্রুকটোজ}}{C_6H_{12}O_5}$$

ফ্রুকটোজ অ্যালকোহলে দ্রবীভূত থাকে কিন্তু স্বল্প পরিমাণে অনার্দ্র গ্লুকোজ মিশাইলে দ্রবণের গ্লুকোজ স্ফটিকাকারে বিচ্ছিন্ন হইয়া যায়। চুনের সাহায্যে অবশিষ্ট দ্রবণ হইতে ফ্রুকটোজ নিষ্কাশিত করা হয়।

অ্যাসিডের সাহায্যে চাল, ভুট্টা, আলু ইত্যাদির আর্দ্র-বিশ্লেষণ করিয়াও গ্লুকোজ তৈরী করা যায়।

গ্লুকোজের ব্যবহার (Uses of Glucose) : গ্লুকোজ রুটি, বিস্কুট, জ্যাম, ভিটামিন সি, ক্যালসিয়াম গ্লুকোনেট ইত্যাদি তৈরী করার জন্য এবং শিশুর খাদ্যরূপেও ব্যবহার করা হয়। ফ্রুকটোজ ডায়েবেটিস (বহুমূত্র) রোগীর খাদ্যরূপে এবং অন্যান্য প্রয়োজনে ব্যবহৃত হয়।

বিভিন্ন চিনির মিষ্টতা

দুধের চিনি—8
সলট চিনি—2
গ্লুকোজ—16

সুক্রোজ—14
ফ্রুকটোজ—10 8
স্যাকারিন—4400

স্টার্চ [Starch—$(C_6H_{10}O_5)_n$]

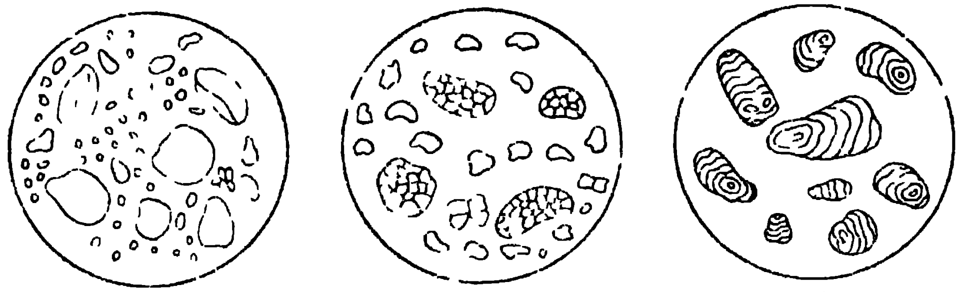
বিভিন্ন খাদ্যশস্যের মধ্যে এক রকম স্বাদহীন এবং জলে অদ্রবণীয় ও অনিয়তাকার পদার্থ পাওয়া যায়। ইহাদের বলা হয় স্টাচ। ইহারাও উচ্চ আণবিক ওজনের জৈব পদার্থ এবং ইহাদের সাধারণ ফর্মুলা—$(C_6H_{10}O_5)_n$, স্টাচের প্রধান ভাণ্ডার—চাউল, গম, ভুট্টা, আলু, সাগু, ট্যাপিওকা, অ্যারারুট ইত্যাদি। সবুজ উদ্ভিদের বীজ, মূল বা কাণ্ডে কম বেশি পরিমাণে স্টার্চ পাওয়া যায়। কয়েকটি পদার্থে স্টাচের পরিমাণ—

চাউল : 75—80% , আটা : 60—65%
ভুট্টা : 65–70% , আলু : 15—20%

স্টার্চ তৈরী করা হয়, চাউল, গম, ভুট্টা ইত্যাদি গুডা করিয়া জলের সঙ্গে মিশাইয়া 'মাডাই' করিয়া সিল্ক জাতীয় কাপডের সাহায্যে উহা ছাঁকিয়া। কাপডের ভিতর থাকিয়া যায় **গ্লুটেন** (Glutten) এবং অপেক্ষাকৃত বড

দানার **সেলুলোজ** (Cellulose) জাতীয় পদার্থ। পরিস্রুত পদার্থরূপে নির্গত হয় স্টার্চ ও জল। সংগ্রাহক পাত্রের মধ্যে স্টার্চ জলের নিচে পড়িয়া যায় এবং উপরের জল আস্রাবিত করিয়া স্টার্চ সংগ্রহ ও শুষ্ক করা হয়।

শুষ্ক স্টার্চের দানাগুলি দেখিতে বিভিন্ন আকৃতির। [চিত্রে গম, চাউল ও আলুর স্টার্চের আকৃতি দেখান হইল।] স্টার্চ জলে অদ্রবণীয় কিন্তু জলের সঙ্গে উত্তপ্ত করিলে স্টার্চের দানাগুলি ফুলিয়া ওঠে ও ফাটিয়া যায় এবং জলের সঙ্গে মিশিয়া স্টার্চ একটি কলয়ডিয় দ্রবণের ঘন লেই তৈরী করে। এই লেই আয়োডিনের সংস্পর্শে ঘন নীল বর্ণে পরিণত হয়। উত্তপ্ত করিলে এই দ্রবণ হইতে নীলবর্ণ চলিয়া যায় এবং শীতল করিলে আবার নীলবর্ণের আবির্ভাব ঘটে। 200°C তাপাংকে অথবা লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড এবং লঘু HCl-এর মিশ্রণে মিশাইয়া 100°C–120°C তাপাংকে উত্তপ্ত করিলে স্টার্চ গমের মত এক প্রকার হলুদ বর্ণের পাউডারে পরিণত হয়। ইহাকে বলা হয় ডেক্সট্রিন (Dextrin)। ইস্ত্রি করা কাপড়ের যে পদার্থটি চকমক করিতে দেখা যায় তাহাই ডেক্সট্রিন। ইহা আঠার ন্যায় ব্যবহৃত হয়।



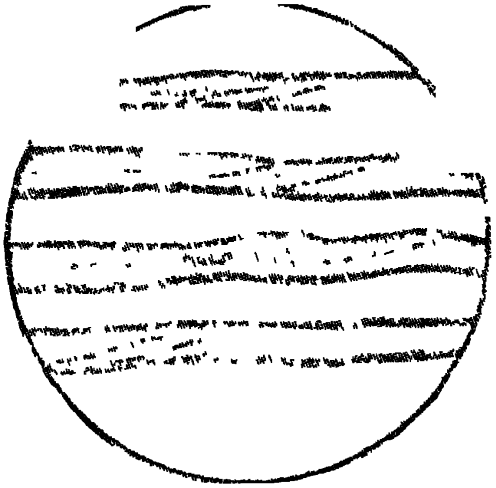
ব্যবহার : স্টার্চ হইতে প্রচুর পরিমাণে গ্লুকোজ, অ্যালকোহল ও গাম জাতীয় খাদ্য তৈরী করা হয়। ইহা 'সাইজিং'-এর উপাদানরূপে কাগজ ও সুতি শিল্পে ব্যবহৃত হয়, কাপড় ধোলাইয়ের কারখানায় এবং পাউডার তৈরী করার জন্যও স্টার্চ ব্যবহৃত হয়।

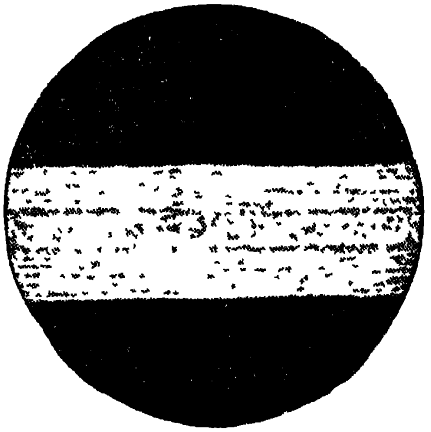
সেলুলোজ [Cellulose—$(C_6H_{10}O_5)_n$]

উদ্ভিদের দেহ গঠনের প্রধানতম উপাদান।
গঠিত তাহা সেলুলোজ জাতীয় কার্বো-
[illegible] কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলকে
[illegible] ক্রমশ চিনি ও স্টার্চরূপে সংশ্লেষিত

করিয়া শেষ পর্যায়ে সেলুলুজ জাতীয় কার্বোহাইড্রেটে পরিণত করে। বায়ুতে যে পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্‌সাইড আছে, পৃথিবীতে কার্বোহাইড্রেট আছে প্রায় তার অর্ধেক। সমস্ত কার্বোহাইড্রেট দগ্ধ হইয়া বা পচিয়া আবার কার্বন ডাই-অক্‌সাইড ও জল তৈরী হয়। উদ্ভিদের মধ্যে সেলুলুজ **লিগনিন** নামক পদার্থের সঙ্গে মিশ্রিত থাকে। তুলা, পাট, সোনা-পাট, খড়, কাঠ ইত্যাদি বস্তুগুলি প্রধানত সেলুলুজ দ্বারা তৈরী। **তুলা প্রায় বিশুদ্ধ সেলুলুজ।**

সেলুলুজ একটি অতি নিষ্ক্রিয় পদার্থ। সেলুলুজের উপরে ক্লোরিন বা লঘু অ্যাসিড অথবা লঘু ক্ষারের কোনো বিক্রিয়া হয় না। তাই **ফিলটার কাগজ** সেলুলুজ দ্বারা তৈরী করা হয়। সমস্ত লঘু দ্রবণ পরিস্রুত করার জন্য তাই ফিলটার কাগজ ব্যবহার করা যায়। কাগজ ও অন্যান্য সেলুলুজের জিনিস-পত্রও এই কারণেই তৈরী করা সম্ভব। ক্যালসিয়াম সালফাইট ও কষ্টিক সোডা দ্বারা উদ্ভিদের দেহতন্তু **লিগনিন** হইতে নিষ্কাশিত করিয়া সেলুলুজ তৈরী করা হয়। [বিভিন্ন সেলুলুজের গঠন-তন্তুগুলির আকৃতি নিম্নের চিত্রের ন্যায়।]


রাসায়নিক তুলা


তুলার সেলুলুজ

সেলুলুজ দ্বারা তৈরী পদার্থ: (1) **মারসিরাইজড তুলা**: 1844 খ্রীষ্টাব্দে রাসায়নিক **জন মারসার** (John Mercer) ঘন ক্ষার (NaOH) দ্রবণে কার্পাস সুতা ভিজাইয়া উহার সেলুলুজের আকৃতি পরিবর্তন করিতে সক্ষম হন। তুলার সেলুলুজ সাধারণত ফিতার মত চ্যাপটা, কিন্তু ঘন ক্ষার (NaOH) ইহাকে ফুলাইয়া গোলাকৃতি তন্তুতে পরিণত করে। এরূপ তুলার সুতি বস্ত্র দেখিতে সিল্কের ন্যায় এবং অধিকতর টেকসই। আবিষ্কারকের নামানুসারে এরূপ তুলাকে **মারসিরাইজড তুলা** বলা হয়।

(ii) **কাগজ প্রস্তুতি** (Paper making): প্রাচীন কালে মিসর দেশে লিখিবার কাগজরূপে **প্যাপিরাস** পাতা এবং আমাদের দেশে **ভোজপাতা** ব্যবহার করা হইত। ইহারা সেলুলোজ। উদ্ভিদের সেলুলোজ হইতে বর্তমান উপায়ে কাগজ তৈরী করার উপায় উদ্ভাবিত হয় চীন দেশে। কাগজ তৈরী করা হয় খড়, ঘাস, কাঠ ইত্যাদি পদার্থ হইতে। এই সমস্ত বস্তু খণ্ড খণ্ড করিয়া কাটিয়া কষ্টিক সোডা বা অন্য পদার্থের সঙ্গে মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে সেলুলোজের লিগনিন নিষ্কাশিত হইয়া যায় এবং সেলুলোজ তন্তু বিচ্ছিন্ন হয়। এই সেলুলোজকে সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট বা ব্লিচিং পাউডার দ্বারা বিরঞ্জিত করা হয়। এই বিরঞ্জিত সেলুলোজ তন্তুর সঙ্গে মিশ্রিত করা হয় 'সাইজিং পদার্থ' রোজিন, সাবান, অ্যালাম বা স্টার্চ। সেলুলোজ তন্তুর ছিদ্রগুলি ভরিবার জন্য জিপসাম ($CaSO_4\ 2H_2O$) বা চিনামাটি বা অন্য কোন সাদা কঠিন বস্তুর পাউডার মিশ্রিত করিয়া সেলুলোজের পিণ্ড তৈরী করা হয়। এই সাদা পাউডার সেলুলোজের ছিদ্রগুলি ভরিবার জন্য পূরকরূপে কাজ করে। এই সাইজিং পদার্থ ও পূরক-পদার্থের সঙ্গে মিশ্রিত সেলুলোজ পিণ্ড বিশেষ যন্ত্র ও রোলারের সাহায্যে পিষিয়া পাতলা পাত তৈরী করা হয়।

কাগজকে 'সাইজ' করার আগে ইহা শীতল ও মধ্যম ঘনত্বের সালফিউরিক অ্যাসিডে চুবাইয়া নিলে একরকম আধা স্বচ্ছ কাগজ তৈরী হয়। এরূপ কাগজকে বলা হয় **পার্চমেন্ট পেপার** (parchment paper)। ইহা আচ্ছাদন রূপে ও কলয়েড ছাঁকিবার জন্য ব্যবহৃত হয়। **ফিল্টার পেপার** (filter paper) সাইজিং পদার্থ ও পূরকবিহীন কাগজ।

(iii) **নাইট্রো সেলুলোজ** (Nitro cel[illegible] [illegible] নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিশেষ [illegible] প্রক্রিয়ার সেলুলোজ ট্রাই-নাইট্রেট বা নাইট্রো-সেলুলোজ যৌগ তৈ[illegible] [illegible] তন্তুময় পদার্থ। ইহা ইথার ও অ্যালকোহলে অদ্রবণীয় [illegible] অ্যাসিটোনে দ্রবণীয়। [illegible] ভাগ ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড এবং এক ভাগ ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডে বিশুদ্ধ তুলা 10°C তাপাংকে প্রায় 44 ঘণ্টা [illegible] তৈরী হয় তাহা জলে ধুইয়া এবং শুষ্ক করিয়া [illegible] নাইট্রো-সেলুলোজ যৌগ। যে দাহ্য পদার্থ [illegible] তাহা এক বিশেষ ধরনের নাইট্রো- [illegible] (gun cotton)। নাইট্রো-সেলুলোজ ও [illegible]র সঙ্গে মিশাইয়া এবং এই মিশ্রণ

বিশুদ্ধ করিয়া **করডাইট** ও **জেলিগনাইট** জাতীয় বিস্ফোরক তৈরী করা হয়।

(iv) **কৃত্রিম সিল্ক** (Artificial silk) : সেলুলুজ ডাই-নাইট্রেট ইথার ও অ্যালকোহলের মিশ্রণে দ্রবীভূত করিয়া একরকম ঘন আঁঠালো পদার্থ তৈরী হয়। ইহাকে বলা হয় **কলোডিয়ন**। ইহা সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম ছিদ্রের ভিতর দিয়া চালাইয়া বায়ুতে নির্গত করিলে অ্যালকোহল উড়িয়া যায় এবং কলোডিয়ন সূক্ষ্ম তন্তুতে পরিণত হয়। এই তন্তু অ্যামোনিয়াম হাইড্রোসালফাইডে (NH_4SH) ভিজাইয়া লইলে ইহা অদাহ্য বস্তুতে পরিণত হয়। এই তন্তুই কৃত্রিম সিল্ক বা **রেয়ন** (Rayon)।

কৃত্রিম সিল্কের তন্তু

(v) **সেলুলয়েড** (Celluloid) : সেলুলুজ ডাই-নাইট্রেট কর্পূর এবং অ্যালকোহলের সঙ্গে ঘনিষ্ঠ ভাবে মিশাইয়া মিশ্রণের উপরে চাপ দিলে একরকম প্লাষ্টিক তৈরী হয়। এরূপ প্লাষ্টিককে **সেলুলয়েড** বলা হয়। এরূপ সেলুলয়েড প্লাষ্টিক উত্তাপে নমনীয় হয় এবং ইহা ছাঁচে ফেলিয়া যে কোন আকৃতিতে পরিণত করা যায়। সিনেমার ফিল্ম, ছুরি ও বিভিন্ন বাদ্য-যন্ত্রের হাতল, ফাউন্টেন পেন, চশমার ফ্রেম, চিরুণী, কৃত্রিম আইভরী, স্ফটিক ইত্যাদি তৈরী করা হয়। সেলুলয়েড প্লাষ্টিক অত্যন্ত দহনশীল পদার্থ। বিশেষ প্রক্রিয়ায় বর্তমানে অদাহ্য সেলুলয়েড প্লাষ্টিকও তৈরী করা হয়।

Questions to be discussed

1. What is carbohydrate? Why is it so called? What are the different classes of carbohydrates? Give examples.

2. What is starch? How is it prepared? What are its uses?

3. What is cellulose? What are the important industries that depend on cellulose? Write short notes on

Filter paper, parchment paper, gun cotton, cellulose, artificial silk.

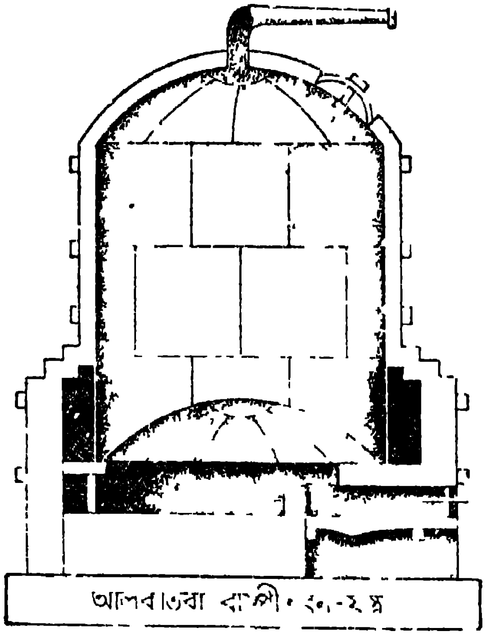
4. How is paper made? What is filter paper?

5. What is sugar? How is cane sugar extracted?

১০

আলকাতরার পাতন ও অ্যারোমেটিক যৌগ

কালো, কুৎসিৎ ও দুর্গন্ধময় আলকাতরার মধ্যে যে কত অমূল্য রাসায়নিক দ্রব্য আত্মগোপন করিয়া আছে সেই কথাটি প্রথম জানা যায় 1856 খ্রীষ্টাব্দে। আঠারো বৎসরের বৃটিশ যুবক **উইলিয়াম পারকিন** অনেকটা কৌতূহলবশে কৃত্রিমভাবে কুইনিন তৈরী করার প্রচেষ্টায় আলকাতরা হইতে আকস্মিক ভাবে একটি জৈব রঞ্জক আবিষ্কার করেন। ইহার ফলে আলকাতরার উপরে রাসায়নিকদের দৃষ্টি পড়ে এবং আলকাতরা হইতে প্রায় 800 **জৈব যৌগ** আবিষ্কৃত হয়। এই যৌগগুলি অগণিত জৈব রঞ্জক দ্রব্য এবং ঔষধের মূল পদার্থ।



আলকাতরা হইতে যে-সমস্ত জৈব যৌগ পাওয়া যায় সেগুলি অ্যালিফ্যাটিক হাইড্রোকার্বন শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত নয়। ইহাদের অনেকের মধ্যে বিভিন্ন রকমের গন্ধ অর্থাৎ 'অ্যারোমা' (aroma) বর্তমান। তাই এরূপ শ্রেণীর জৈব যৌগের সাধারণ নাম দেওয়া হয় **অ্যারোমেটিক যৌগ** (Aromatic compound)। এপর্যন্ত যত জৈব যৌগ আবিষ্কৃত হইয়াছে তাহাদের মধ্যে প্রায় শতকরা পঁচাত্তর ভাগ অ্যারোমেটিক শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত।

এই অ্যারোমেটিক শ্রেণীর যৌগ হইতে অধিকাংশ রঞ্জক, ঔষধ, সুগন্ধি, প্লাস্টিক, বিস্ফোরক ইত্যাদি জৈব যৌগ তৈরী করা সম্ভব হইয়াছে। অ্যারোমেটিক জাতীয় যৌগগুলির প্রত্যেকটির মূল পদার্থ পাওয়া যায় আলকাতরার মধ্যে।

আলকাতরার পাতন (Distillation of coal tar)

কোল গ্যাস তৈরী করার জন্য কয়লা অন্তর্ধূম পাতন পদ্ধতিতে 1000°C—1400°C তাপাংকে পাতিত করিলে **কোল গ্যাস, তরল অ্যামোনিয়া ও কোক** পাওয়া যায়।

আলকাতরা নানারূপ জৈব যৌগের মিশ্রণ। এই যৌগগুলির স্ফুটনাঙ্ক সমান নয়। কাজেই আলকাতরাকে উত্তপ্ত করিলে উহার বিভিন্ন যৌগ বিভিন্ন তাপাংকে পাতিত হইয়া গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত হয়। এই পাতন ক্রিয়া বড় বড় আবদ্ধ লোহার পাত্রে সম্পন্ন করা হয়। বিভিন্ন তাপাংকে প্রাপ্ত উদ্বায়ী পদার্থগুলি বিভিন্ন পাত্রে চার রকম তেলরূপে সংগ্রহ করা হয় এবং পাত্রে অবশিষ্ট থাকে কালো পিচ। বিভিন্ন তাপাংকে পাতনের ফলে আলকাতরা হইতে বিভিন্ন ভাগে যে-সমস্ত পদার্থ পাওয়া যায় তাহাদের নাম ও পরিমাণ (চার্ট—515 পৃষ্ঠা দেখ):

পাতিত অংশের নাম	পাতনের তাপাংক	পরিমাণ শতাংশ	পাতিত পদার্থের সাধারণ উপাদান
1 লঘু-তেল বা অশোধিত তেল বা ন্যাপথা (Light oil or, Crude naptha)	170°C পর্যন্ত	7 – 8%	বেঞ্জিন ও বেঞ্জিনের সমগণীয় পদার্থ তথা টলুইন, জাইলিন ইত্যাদি। শিল্পে ইহাদের ন্যাপথা দ্রাবক (solvent naptha) বলা হয়।
2 মধ্যম-তেল বা কার্বলিক তেল– (Middle or carbolic oil)	170°C 230°C	8 - 10%	কার্বলিক অ্যাসিড বা ফিনল ও ন্যাপথালিন।
3 ভারী তেল বা ক্রিয়োজোট তেল— (Heavy or creosote oil)	230°C-270°C	8 – 10%	ক্রিসল
4 অ্যানথ্রাসিন তেল বা সবুজ তেল— (Green or Anthracene oil)	270°C-360°C	16 – 20%	অ্যানথ্রাসিন, কার্বজোল ও ফেনো অ্যানথ্রাসিন ফিনাথ্রিন
5. পিচ (Pitch)	পাতন-পাত্রের অবশিষ্ট পদার্থ	50 - 60%	92-94% কার্বন

আলকাতরার পাতনে প্রাপ্ত দ্রব্যের ব্যবহার

1. **লঘু বা অশোধিত তেল** (Light oil): এই লঘু তেল আবার 70°C—140°C তাপাংকে পতিত করিয়া লঘু বেনজল (Light Benzol) ও ভারী বেনজল (Heavy Benzol) রূপে পৃথক করা হয়। লঘু তেল

বেঞ্জিন ও বেঞ্জিনের সমগণ তথা টলুইন, জাইলিন ইত্যাদির প্রাকৃতিক উৎস। 142°C-এর উপরে পাতিত করিয়া যে অংশ পাওয়া যায় তাহাকে দ্রাবক ন্যাপথা (solvent naptha) বলা হয় এবং শিল্পে দ্রাবকরূপে ব্যবহার করা হয়।

অশোধিত লঘু তেলের অংশ প্রথমে সালফিউরিক অ্যাসিড ও কস্টিক সোডা দ্বারা শোধিত করিয়া আবার পাতিত করা হয়। 70°C তাপাংক পর্যন্ত পাতিত পদার্থ বর্জন করা হয়। ইহার ঊর্ধ্ব তাপাংকে পাতিত তরলে প্রায় 65% **বেঞ্জিন ও টলুইন** পাওয়া যায়। এক টন আলকাতরা পাতিত করিয়া বেঞ্জিন পাওয়া যায় প্রায় 35 পাউণ্ড।

2. **মধ্যম তেল** (Middle oil) : ন্যাপথালিন, কার্বলিক অ্যাসিড, ক্রিসল ইত্যাদি নানা রকম রঞ্জক ও ঔষধ তৈরীর জন্য ব্যবহৃত হয়।

3. **ভারী তেল** (Heavy oil) : এই তেল সরাসরি কাঠ সংরক্ষণের জন্য ব্যবহার করা হয়।

4 **সবুজ তেল** (Green oil) : এই অ্যানথ্রাসিন বা সবুজ তেল অনেক রকম জৈব রঞ্জকের মূল উপাদান।

5. **পিচ** (Pitch) : এই পিচে 94% কার্বন থাকে। ইহা কালো রঙ হিসাবে জিনিসপত্রের উপরে প্রলেপ দেওয়ার জন্য প্রলেপ রূপে, অ্যাসিড ও অন্যান্য ক্ষয়কারী পদার্থ হইতে জিনিসপত্র সংরক্ষণের জন্য এবং রাস্তা তৈরী করার জন্য ব্যবহার করা হয়।

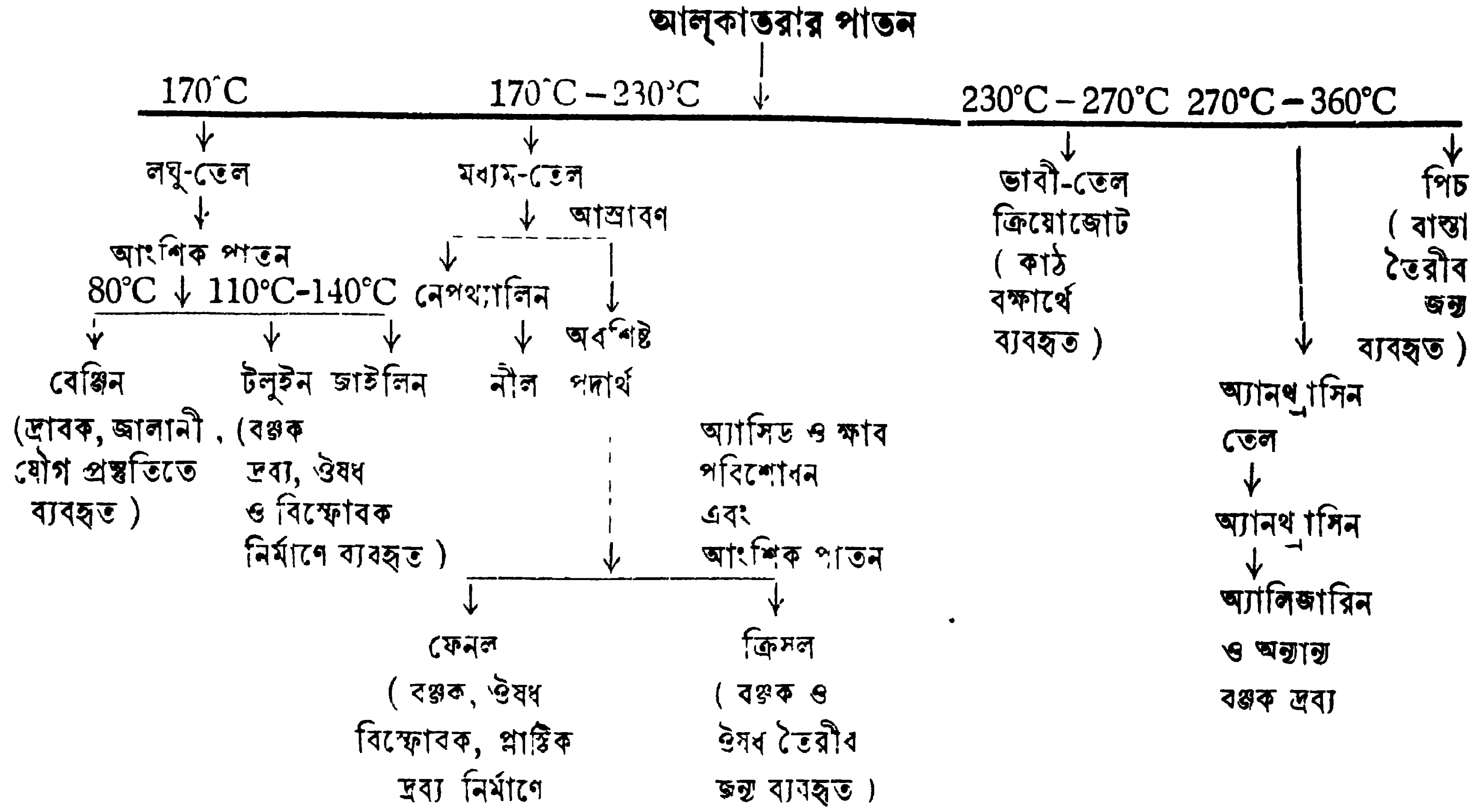
অ্যারোম্যাটিক যৌগের বৈশিষ্ট্য

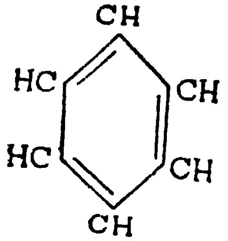
(i) অ্যারোম্যাটিক যৌগগুলি উদ্ভিদ [illegible] এবং আলকাতরার মধ্যে পাওয়া যায়। ইহাদের অনেকগুলি গন্ধযুক্ত

(ii) অ্যারোম্যাটিক যৌগের অণুগুলি অ্যালিফ্যাটিক যৌগের ন্যায় মুক্ত শৃঙ্খল আকারে [illegible] —ইহাদের অণুগুলি ষড়ভুজ সংবৃত্তাকারে গঠিত।

[illegible] অ্যালিফ্যাটিক যৌগের মূল পদার্থ। সেইরূপ [illegible] টিক যৌগের মূল পদার্থ।

[illegible] কার্বন বা প্যারাফিনের সঙ্গে খনিজ [illegible] অ্যারোম্যাটিক জাতীয় হাইড্রোকার্বন

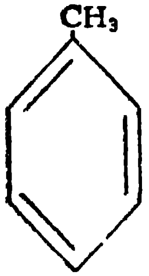

আল্কাতরার পাতন
170°C
170°C – 230°C
230°C – 270°C
270°C – 360°C
লঘু-তেল
আংশিক পাতন
80°C
110°C-140°C
বেঞ্জিন
(দ্রাবক, জ্বালানী, যৌগ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত)
টলুইন
জাইলিন
(বঞ্জক দ্রব্য, ঔষধ ও বিস্ফোরক নির্মাণে ব্যবহৃত)
মধ্যম-তেল
আস্রাবণ
নেপথ্যালিন
নীল
অবশিষ্ট পদার্থ
অ্যাসিড ও ক্ষার পরিশোধন এবং আংশিক পাতন
ফেনল
(বঞ্জক, ঔষধ বিস্ফোরক, প্লাস্টিক দ্রব্য নির্মাণে
ক্রিসল
(বঞ্জক ও ঔষধ তৈরীর জন্য ব্যবহৃত)
ভারী-তেল
ক্রিয়োজোট
(কাঠ রক্ষার্থে ব্যবহৃত)
অ্যানথ্রাসিন তেল
অ্যানথ্রাসিন
অ্যালিজারিন ও অন্যান্য বঞ্জক দ্রব্য
পিচ
(রাস্তা তৈরীর জন্য ব্যবহৃত)



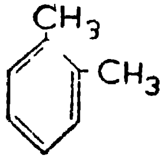
বেঞ্জিন

(v) বেঞ্জিনের গঠন ষড়ভুজাবৃত্ত আকৃতি। এরূপ আণবিক আকৃতিতে তিনটি দুই মাত্রার যোজ্যতা বর্তমান বলিয়া বেঞ্জিন ও বেঞ্জিনের সমগণগুলি (homologues) অসংপৃক্ত। ইহারা অসংপৃক্ত হইলেও বিশেষ স্থায়ী যৌগ।

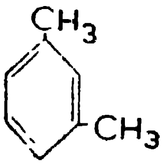
(vi) বেঞ্জিনের হাইড্রোজেন অ্যালকিলমূলক (CH_3-, C_2H_5-ইত্যাদি) দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া বেঞ্জিনের সমগণ তৈরী করা যায়। এরূপ মূলক বেঞ্জিনের বৃত্তাকারে ছয়টি স্থানের যে-কোন স্থানে বসিয়া একটি মাত্র যৌগই গঠন করিতে পারে। যথা: টলুইন। এরূপ দুইটি মূলক বেঞ্জিনের দুইটি হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিয়া তিন ধরনের সমগণ গঠন করে। ইহাদের **অর্থো**, **মেটা** ও **প্যারা** যৌগ বলা হয়। যথা:



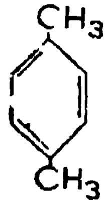
টলুইন



অর্থো-জাইলিন
বা অর্থো ডাই-
মিথাইল বেঞ্জিন

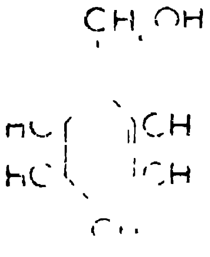


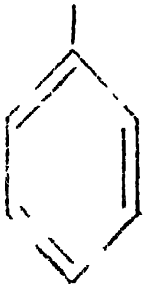
মেটা জাইলিন
বা মেটা ডাই-
মিথাইল বেঞ্জিন

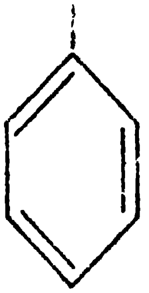


প্যারা-জাইলিন
বা প্যারা ডাই-
মিথাইল বেঞ্জিন

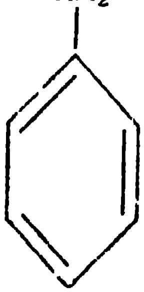
(vi) বেঞ্জিনের হাইড্রোজেন সমযোজী কারক মূলক বা ফাংশনাল গ্রুপ (functional group) দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া বিভিন্ন শ্রেণীর অ্যারোমাটিক যৌগ গঠন করা যায়। যথা:







বা



বা

IO) (C_6H_5COOH) $(C_6H_5NH_2)$

বেঞ্জোইক অ্যাসিড অ্যানিলিন

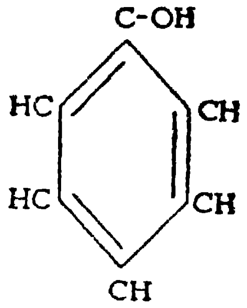
ভাবে যুক্ত H-কে প্রতিস্থাপিত না
কোন অ্যালকিল মূলকের H-কে বিভিন্ন

ফাংশনাল গ্রুপ তথা কারক মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায়, তবে অন্য এক ধরনের অ্যারোম্যাটিক যৌগ উৎপন্ন হয়। ইহাদের প্রকৃতি অনেকাংশে অ্যালিফ্যাটিক যৌগের ন্যায়।

যেমন টলুইনের CH_3 মূলকের H-কে প্রতিস্থাপিত করিয়া নিম্নলিখিত যৌগ পাওয়া যায়। যথা :

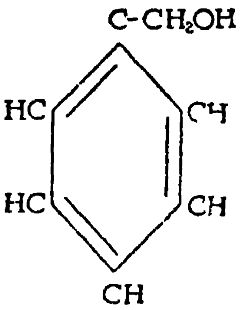
$C_6H_5\text{-}CH_2OH$ বেঞ্জাইল অ্যালকোহল	$C_6H_5\text{-}CH_2NH_2$ বেঞ্জাইল অ্যামিন
[CH_3CH_2OH ইথাইল অ্যালকোহল]	[$CH_3\text{-}CH_2NH_2$ ইথাইল অ্যামিন]

(ix) অপর দিকে শ্রেণী-প্রতীক মূলকগুলি যদি মূল-বৃত্তের সঙ্গে যুক্ত হয় তবে উৎপন্ন যৌগগুলি প্রকৃত অ্যারোম্যাটিক ধর্মী হয়। C_6H_5OH তথা ফিনল গঠন CH_3OH তথা মিথাইল অ্যালকোহলের ন্যায় কিন্তু ফিনল রাসায়নিক ধর্মে অ্যাসিড কিন্তু CH_3OH অ্যালকোহল এবং রাসায়নিক ধর্মে নিরপেক্ষ OH-মূলক বেঞ্জিনের মূল বৃত্তের সঙ্গে যুক্ত বলিয়া ফিনল যৌগে বিশিষ্ট ধর্ম দেখা যায়। ফিনলের গঠন :

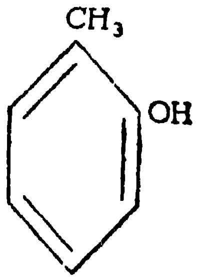


ফিনল বা কার্বলিক অ্যাসিড

আরেকটি উদাহরণ : বেঞ্জাইল অ্যালকোহল ও ক্রিসল যৌগ আইসোমেরিক এবং ইহাদের ফর্মুলা— $C_6H_5CH_2OH$ ও $C_6H_4(OH)CH_3$, বেঞ্জাইল অ্যালকোহলে OH-মূলক অ্যালকিল মূলকের H প্রতিস্থাপিত করিয়াছে কিন্তু ক্রিসলে OH-মূলক মূল বৃত্তের H প্রতিস্থাপিত করিয়াছে। বেঞ্জাইল অ্যালকোহল তাই ইথাইল অ্যালকোহলের ন্যায়, কিন্তু ক্রিসল অ্যাসিডের ন্যায়।

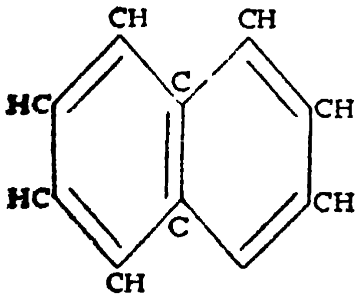


বেঞ্জিল অ্যালকোহল

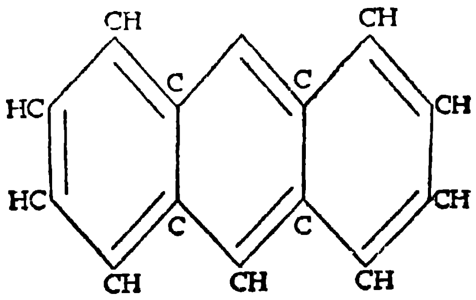


ক্রিসল

(ix) দুইটি বেঞ্জিন বৃত্ত পরস্পর যুক্ত হইয়া গঠন করে ন্যাপথালিন এবং তিনটি যুক্ত হইয়া গঠন করে অ্যানথ্রাসিন। যথা:



ন্যাপথালিন



অ্যানথ্রাসিন

অ্যালিফ্যাটিক সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন তথা প্যারাফিন এবং অ্যারোম্যাটিক হাইড্রোকার্বনের পার্থক্য নিম্নরূপ:

(Difference between aliphatic and aromatic compounds)

বিক্রিয়া	অ্যারোম্যাটিক হাইড্রোকার্বন	অ্যালিফ্যাটিক সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন
1. দহন	ধোঁয়া সহ দীপ্ত শিখায় প্রজ্বলিত হয়।	অদীপ্ত শিখায় প্রজ্বলিত হয়।
2. ঘন HNO_3	সালফিউরিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে নাইট্রো যৌগ গঠিত হয়।	বিক্রিয়া নাই।
3. ঘন H_2SO_4	সালফিউরিক অ্যাসিডের যৌগ গঠিত হয়।	বিক্রিয়া নাই।
4. অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়ম ক্লোরাইডের সংস্পর্শে অ্যালকাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া	এরূপ বিক্রিয়া ঘটে	[illegible] বিক্রিয়া ঘটে না।
5 হ্যালোজেনের [illegible]	বিভিন্ন অবস্থায় সংযোজন বা প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটে।	শুধু প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটে।
	ওজোনাইড তৈরী	কোন ওজোনাইড তৈরী হয় না।
	[illegible] সংস্পর্শে [illegible] হয়।	বিজারিত হয় না।

বেঞ্জিন বা বেঞ্জল

(Benzene or Benzol)—C_6H_6

1825 খ্রীষ্টাব্দে পদার্থ-বিজ্ঞানী **ফ্যারাডে** প্রথমে তিমি মাছের তেল হইতে বেঞ্জিন আবিষ্কার কবেন। বেঞ্জিনেব প্রধান ভাণ্ডার আল্‌কাতরা। তিনটি অ্যাসিটিলিন একীকরণ করিয়া কৃত্রিমভাবেও বেঞ্জিন তৈবী করা যায়। যথা :

$$3C_2H_2\ (\text{অ্যাসিটিলিন}) \rightarrow C_6H_6\ (\text{বেঞ্জিন})$$

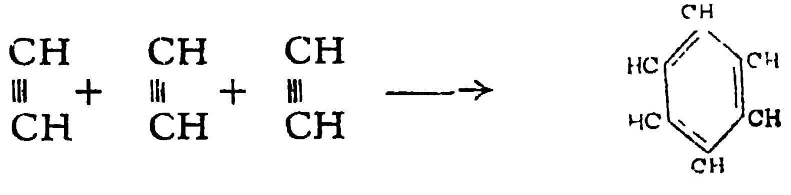
প্রস্তুতি (Preparation) : আল্‌কাতরা পাতিত কবিয়া (170°C) যে **লঘু তেল** পাওয়া যায় তাহা 80°C তাপাংকে আংশিক পাতিত কবিয়া এবং প্রথমে বার বাব ঘন সালফিউবিক অ্যাসিড এবং পরে কষ্টিক সোডা দ্রবণে ধৌত কবিয়া শোধন কবা হয়। এই তেল আবাব জলে ধুইয়া এবং শুষ্ক কবিয়া পাতিত কবা হয় (100°C)। 70°C তাপাংকে পাতিত অংশ বর্জন করা হয়। 100°C – 110°C তাপাংকে পাতিত লঘু তেল হইতে প্রাপ্ত পাতিত অংশে 80% বেঞ্জিন থাকে। এই অংশকে পুনবায় 80°C – 81°C তাপাংকে পাতিত কবিয়া বাণিজ্যিক বেঞ্জিন সংগ্রহ কবা হয়। প্রতি টন আল্‌কাতবা পাতিত কবিয়া প্রায় 35 পাউণ্ড বেঞ্জিন পাওয়া যায়।

বিশুদ্ধ বেঞ্জিন (Pure Benzene) : বেঞ্জিন হিমমিশ্রণে শীতল করিয়া স্ফটিকে পবিণত করিয়া সেই স্ফটিককে আবাব গলাইয়া বিশুদ্ধ বেঞ্জিন তৈবী কবা হয়। এরূপ পদ্ধতিব পুনবাবৃত্তি কবা হয়।

বেঞ্জিন প্রস্তুতির অন্যান্য উপায়

বাণিজ্যিক বেঞ্জিনেব অধিকাংশই কয়লা পাতনে প্রাপ্ত আল্‌কাতরা পাতিত কবিয়া পাওয়া যায়। অন্যান্যভাবেও ইহা তৈবী কবা যায়। যথা :

(1) **অ্যাসিটিলিন হইতে** (From acetyleyne) : লাল-তপ্ত নলেব ভিতব দিয়া ~~বেঞ্জিন~~ অ্যাসিটিলিন চালনা কবিলে ইহা পলিমাবাইজ (polymerise) কবিয়া বেঞ্জিন গঠন কবে : $3C_2H_2 = C_6H_6$



(ii) **বেঞ্জোইক অ্যাসিড হইতে** (From Benzoic acid): বেঞ্জোইক অ্যাসিড অথবা সোডিয়াম বেঞ্জোয়েট সোডালাইমের সঙ্গে পাতিত করিয়া **বিশুদ্ধ বেঞ্জিন** তৈরী করা যায়। যথা:

$$\underset{\text{বেঞ্জোইক অ্যাসিড}}{C_6H_5COOH} + CaO = \underset{\text{বেঞ্জিন}}{C_6H_6} + CaCO_3$$

$$\underset{\text{Na-বেঞ্জোয়েট}}{C_6H_5COONa} + NaOH = \underset{\text{বেঞ্জিন}}{C_6H_6} + Na_2CO_3$$

(iii) **ফিনল হইতে** (From Phenol): জিংক ধূলির (zinc-dust) সঙ্গে মিশ্রিত করিয়া ফিনল পাতিত করিলে বেঞ্জিন তৈরী হয়।

$$\underset{\text{ফিনল}}{C_6H_5OH} + Zn = \underset{\text{বেঞ্জিন}}{C_6H_6} + ZnO$$

ধর্ম (Properties): বেঞ্জিন একটি বর্ণহীন ও গন্ধযুক্ত তরল এবং জলের চেয়ে হালকা পদার্থ। ইহার স্ফুটনাংক 80.5°C, 5°C—4°C তাপাংকে ইহা কঠিন পদার্থে পরিণত হয়। জলের সঙ্গে ইহা মিশ্রিত হয় না কিন্তু অ্যালকোহল ও ইথারের সঙ্গে মিশ্রিত হয়। ইহা দহনশীল পদার্থ এবং ধোঁয়া ছড়াইয়া প্রজ্বলিত হয়। ইহা আইয়োডিন, ব্রোমিন, চর্বি, তেল ইত্যাদির দ্রাবক। অ্যালকোহল ও ইথারের সঙ্গে ইহা মিশ্রিত করা যায়।

1. বেঞ্জিন সমস্ত অ্যারোম্যাটিক যৌগের আদি পদার্থ। ইহা একটি স্থায়ী যৌগ। সাধারণ জারক বা বিজারক দ্রব্য বেঞ্জিনের উপরে কোন বিক্রিয়া ঘটাইতে পারে না।

2. **দহন ক্রিয়া** (Combustion): বেঞ্জিন বায়ুতে দহনের ফলে জল ও কার্বন-ডাই-অক্সাইড [illegible] দহনক্রিয়ায় অদগ্ধ কার্বন [illegible] ঝুলের আকারে সঞ্চিত হয়। [illegible] অতিরিক্ত পরিমাণে কার্বন [illegible] বিক্রিয়া।

$$C_6H_6 + O_2 \quad CO_2 + H_2O + C\downarrow \text{ (ঝুল)}$$

বেঞ্জিন [illegible] একশ্রেণীর বিক্রিয়াকে বলা হয় **প্রতিস্থাপন** [illegible] **সংযোজন বিক্রিয়া**। প্রতিস্থাপন [illegible] ঘটে।

[illegible] Reaction): বেঞ্জিন একটি [illegible] বন্ধ (bond) বর্তমান।

(i) উজ্জ্বল সূর্যালোকে বেঞ্জিন ছয়টি ক্লোরিন বা ব্রোমিন পরমাণুর সঙ্গে সংযুক্ত হইতে পারে। যথা :

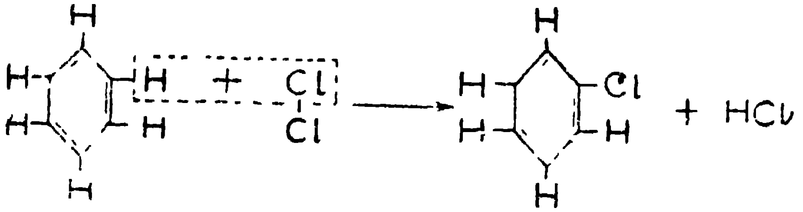
$$C_6H_6+3Cl_2 \xrightarrow{\text{সূর্যালোক}} C_6H_6Cl_6$$ (বেঞ্জিন হেক্সাক্লোরাইড)।

এই বেঞ্জিন হেক্সাক্লোরাইডের আইসোমার কীটনাশক গ্যামাক্সিন (Gammexane) নামে ব্যবহৃত হয়।

(ii) বেঞ্জিন তিন অণু ওজোনের সঙ্গে যুক্ত হয়। যথা :

$C_6H_6+3O_3 \rightarrow C_6H_6(O_3)_3$ (বেঞ্জিন ট্রাইওজোনাইড)

3 **প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া** (Substitution Reaction) :



$$C_6H_6+Cl \rightarrow \underset{\text{ক্লোরোবেঞ্জিন}}{C_6H_5Cl} + HCl$$

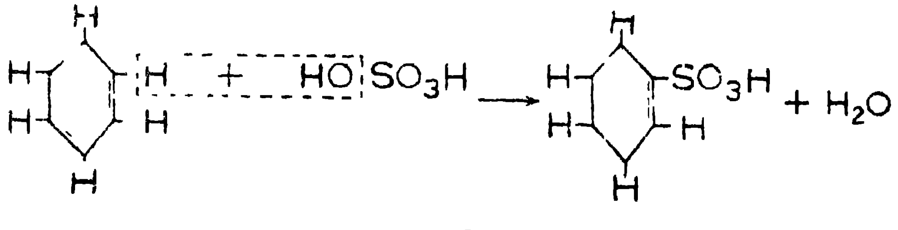
(i) **হ্যালোজেন সংযোজন :** ক্লোরিন ও ব্রোমিন, আইয়োডিন, লোহার গুঁড়া, অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ইত্যাদি অনুঘটকের সংস্পর্শে বেঞ্জিনের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে।

$$C_6H_6+Cl_2 = C_6H_5Cl+HCl$$

এই ভাবে ব্রোমিনের বিক্রিয়া : $C_6H_6+Br_2 \rightarrow \underset{\text{ব্রোমোবেঞ্জিন}}{C_6H_5Br} + HBr$

(ii) **সালফোনেশন** (Sulphonation) : বেঞ্জিন ঘন ও তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বেঞ্জিন সালফোনিক অ্যাসিড গঠন করে।

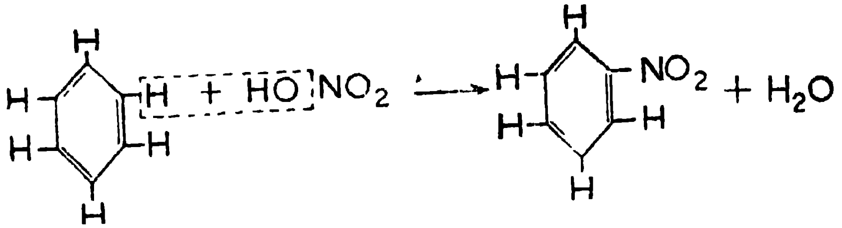
$$C_6H_6+H_2SO_4 \rightarrow H_2O+\underset{\text{বেঞ্জিন সালফোনিক অ্যাসিড}}{C_6H_5-SO_3H}$$



(বেঞ্জিন সালফোনিক অ্যাসিড

(iii) **নাইট্রেশন** (Nitration): ঘন নাইট্রিক ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বেঞ্জিনের একটি হাইড্রোজেন নাইট্রো-গ্রুপ ($-NO_2$) দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।

$$C_6H_6+HNO_3 \xrightarrow[\text{মৃদুতাপ}]{H_2SO_4} H_2O+C_6H_5NO_2 \text{ (নাইট্রোবেঞ্জিন)}$$



$[H_2SO_4]$
বিক্রিয়ায় সাহায্য করে

নাইট্রোবেঞ্জিন

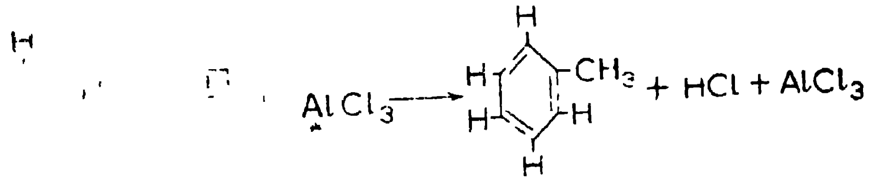
(iv) **সমগণ উৎপাদন** (Homologue of Benzene): অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের সংস্পর্শে মিথাইল ক্লোরাইড বেঞ্জিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় টলুইন ও জাইলিনের ন্যায় সমগণ উৎপন্ন করে। **বিজ্ঞানী ফ্রিডেল এবং ক্রাফ্ট** এই বিক্রিয়া প্রথম আবিষ্কার করেন বলিয়া ইহা তাঁহাদের নামে পরিচিত।

(Friedel-Craft Reaction):

$$C_6H_6+CH_3Cl \xrightarrow{AlCl_3} HCl+C_6H_5CH_3 \text{ (টলুইন)}$$

$$C_6H_5CH_3 \text{ (টলুইন)}+CH_3Cl \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_4(CH_3)_2 \text{ (জাইলিন)}+HCl$$

বেঞ্জিনের সমগণ (Homologues of Benzene): টলুইন ($C_6H_5CH_3$), জাইলিন [$C_6H_4(CH_3)_2$] ইত্যাদি বেঞ্জিনের (C_6H_6) সমগণ নামে পরিচিত।



টলুইন

of Benzene): চর্বি ও তেল নিষ্কাশনের

পেট্রলের সঙ্গে মিশাইয়া মোটর পেট্রলরূপে

প্রত্যক্ষভাবে বেঞ্জিন ব্যবহার করা হয়। বেঞ্জিন হইতে নাইট্রোবেঞ্জিন, অ্যানিলিন, ফিনল ও অন্যান্য যে সব যৌগ তৈরী করা হয় তাহা অত্যন্ত মূল্যবান রাসায়নিক উপাদান। এই যৌগগুলির ব্যবহার করিয়া নানা রকম রঞ্জক দ্রব্য, সালফা ড্রাগের ন্যায় বিভিন্ন ধরনের ঔষধ, ফিনল, গ্যামাক্সিন, ডি. ডি. টি. ইত্যাদি বীজাণুনাশক দ্রব্য, ট্রাই-নাইট্রোটলুইন, পিকরিক অ্যাসিড ইত্যাদি বিস্ফোরক এবং বিভিন্ন ধরনের প্লাস্টিক, ফটোগ্রাফীর রাসায়নিক দ্রব্য, কৃত্রিম রঙ এবং আরও অনেক মূল্যবান ব্যবহার্য দ্রব্য তৈরী করা হয়।

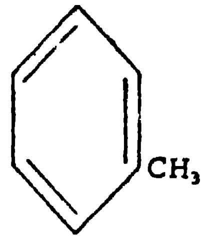
টলুইন (Toluene) : $C_6H_5-CH_3$

টলুইন : বেঞ্জিনের একটি প্রধান সমগণ। ইহা মিথাইল বেঞ্জিন নামেও পরিচিত। টলুইনের প্রধান ভাণ্ডার আল্‌কাতরা। আল্‌কাতরা পাতিত করিয়া বেঞ্জিনের সঙ্গে টলুইন সংগ্রহ করা হয়। কোনো কোনো পেট্রোলিয়ামেও টলুইন পাওয়া যায়।

ইহা ধর্মে বেঞ্জিনের ন্যায়। ইহা বর্ণহীন, সাধারণ অবস্থায় তরল। জারণ ক্রিয়ায় ইহাকে বেঞ্জোইক অ্যাসিডে পরিণত করা যায়। টলুইনের বৃত্তের এবং বাহিরের হাইড্রোজেন ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায়।

ব্যবহার (Uses of toluene) : টলুইন হইতে নানারূপ রঞ্জক দ্রব্য ও ঔষধ তৈরী করা যায়। টলুইন হইতে সাধারণ চিনির চেয়ে প্রায় পাঁচ শত গুণ বেশি মিষ্টি স্যাকারিন নামক পদার্থও তৈরী করা যায়। টলুইন হইতে প্রচুর পরিমাণে টি. এন টি. (T. N. T) তথা ট্রাই-নাইট্রো-টলুইন নামক প্রচণ্ড বিস্ফোরক পদার্থ তৈরী করা হয়। যথা :

$$\underset{\text{টলুইন}}{C_6H_5CH_3}+3HNO_3\rightarrow\underset{\text{ট্রাই-নাইট্রো-টলুইন}}{C_6H_2(NO_2)_3CH_3}$$



টলুইন

অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের সংস্পর্শে বেঞ্জিনের উপরে মিথাইল ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় টলুইন তৈরী হয়। যথা :

$$C_6H_6+CH_3Cl\xrightarrow{AlCl_3}C_6H_5CH_3+HCl$$

ব্রোমো বেঞ্জিন (C_6H_5Br) ও মিথাইল আয়োডাইডের (CH_3I) মিশ্রণের উপরে সোডিয়ামের বিক্রিয়ায় টলুইন উৎপন্ন হয়। যথা :

$$C_6H_5Br+CH_3I+2Na\rightarrow C_6H_5CH_3+NaBr+NaI$$

অ্যারোম্যাটিক শ্রেণীর কয়েকটি মূল যৌগ

অগণিত অ্যারোম্যাটিক যৌগের মূল শ্রেণীর কয়েকটি উদাহরণ নীচে দেওয়া হইল। মূল বেঞ্জিন বৃত্ত অক্ষত রাখিয়া যে বিভিন্ন শ্রেণীর যৌগ গঠিত হয় তাহাব মধ্যে বেঞ্জিন হ্যালাইড, নাইট্রো-বেঞ্জিন, অ্যানিলিন, বেঞ্জাইল অ্যালকোহল, বেঞ্জলডিহাইড ও বেঞ্জোইক অ্যাসিড তাব কয়েকটি প্রাথমিক যৌগ। নীচে সংক্ষেপে এই সমস্ত আদি যৌগেব পরিচয় দেওয়া হইল।

1. বেঞ্জিন হ্যালাইড (Benzene Halide) : লোহার কুচি বা অ্যালুমিনিয়াম-মার্কারি কাপ্‌লেব সংস্পর্শে আয়োডিন, ক্লোরিন বা ব্রোমিন প্রত্যক্ষভাবে বেঞ্জিনের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া হ্যালাইড যৌগ গঠন করে। যথা :

$$\underset{\text{বেঞ্জিন}}{C_6H_6}+Cl_2 \rightarrow \underset{\text{ক্লোবোবেঞ্জিন}}{C_6H_5Cl}+HCl$$

$$\underset{\text{ক্লোবো-বেঞ্জিন}}{C_6H_5Cl}+Cl_2 \rightarrow \underset{\text{ডাই-ক্লোবো-বেঞ্জিন}}{C_6H_4Cl_2}+HCl$$

এই ভাবী তবল বেঞ্জিন হ্যালাইড যৌগ বিভিন্ন অ্যাবোমেটিক যৌগ গঠনেব আদি উপাদানরূপে ব্যবহাব কবা হয়।

2. নাইট্রো-বেঞ্জিন [Nitro-benzene $C_6H_5NO_2$] : ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ও সালফিউবিক অ্যাসিডেব মিশ্রণেব সঙ্গে বেঞ্জিনেব বিক্রিয়া ঘটাইয়া নাইট্রো-বেঞ্জিন (nitro-benzene) তৈবী করা যায়। বিক্রিয়ায় তাপমাত্রা পরিবর্তন করিয়া বেঞ্জিন মূলকে তিনটি নাইট্রো-গ্রুপ সংযোগ কবা যায়। যথা :

$$C_6H_6+HNO_3 \rightarrow [H_2O]+C_6H_5NO_2 \text{ (নাইট্রো-বেঞ্জিন)}$$

$$C_6H_5NO_2+HNO_3 \rightarrow [H_2O]+\underset{\text{(ডাই-নাইট্রো-বেঞ্জিন)}}{C_6H_4(NO_2)_2}$$

$$C_6H_4(NO_2)_2+HNO_3 \rightarrow [H_2O]+\underset{\text{ট্রাই-নাইট্রো-বেঞ্জিন}}{C_6H_3(NO_2)_3}$$

এই হালকা হলুদ বর্ণেব বা দানাদাব সুগন্ধী কিন্তু বিষাক্ত দ্রব্যগুলি অ্যানিলিন, নাইট্রো অ্যানিলিন প্রভৃতি তৈরী করার জন্য ব্যবহার করা হয়। ট্রাই-নাইট্রো টলুইন এবং ট্রাই-নাইট্রো ফিনল তথা পিকরিক অ্যাসিড বিস্ফোরক দ্রব্যরূপে ব্যবহারের জন্য প্রস্তুত করা হয়।

3. **অ্যানিলিন** [Aniline—$C_6H_5NH_2$] ঃ নাইট্রো-বেঞ্জিনকে সদ্যোজাত হাইড্রোজেন [Sn or Fe+HCl] দ্বারা বিজারিত করিয়া অ্যানিলিন তৈরী করা হয়।

$$C_6H_5NO_2+6[H]\rightarrow \underset{\text{অ্যানিলিন}}{C_6H_5NH_2}+2H_2O$$

অ্যানিলিন অ্যাবোমেটিক অ্যামাইন (Amines) শ্রেণীর আদি-যৌগ।

এই বর্ণহীন তরল অ্যানিলিন নানা বকম ঔষধ, রঞ্জকদ্রব্য এবং ফটোগ্রাফীর বাসায়নিক উপাদান, বিষাক্ত গ্যাস ইত্যাদি প্রস্তুতিব মূল উপাদান। এক শ্রেণীর জৈব রঞ্জক দ্রব্যকে তাই অ্যানিলিন ডাই (Aniline dye) বলা হয়।

3 **ফিনল** (Phenol C_6H_5OH) ঃ ফিনল শ্রেণীব আদি যৌগ—C_6H_5OH , ইহা কার্বলিক অ্যাসিড নামেও পবিচিত। ফিনল প্রধানত আল্‌কাতবা হইতে পাতিত মাধ্যম তেলে পাওয়া যায়। ইহা কৃত্রিমভাবেও তৈবী কবা যায়। বেঞ্জিনের সঙ্গে ঘন ও তপ্ত সালফিউবিক অ্যাসিডেব বিক্রিয়া ঘটাইয়া তৈরী কবা হয় বেঞ্জিন সালফনিক অ্যাসিড (benezene sulphonic acid) এবং ইহার ক্ষাবীয় লবণ ক্ষারেব সঙ্গে বিকৃত কবিয়া ফিনল তৈরী কবা যায়। যথা ঃ

$$C_6H_6+H_2SO_4 \rightarrow \underset{\text{বেঞ্জিন সালফনিক অ্যাসিড}}{C_6H_5SO_3H} + H_2O$$

$$C_6H_4SO_3H+NaOH \rightarrow \underset{\text{সোডিয়াম বেঞ্জিন সালফনেট}}{C_6H_5SO_3Na} + H_2O$$

$$C_6H_5SO_3Na+NaOH \rightarrow \underset{\text{ফিনল}}{C_6H_5OH}+Na_2SO_3$$

ফিনলের গঠন অ্যালকোহলের ন্যায়। [CH_3OH-মিথাইল অ্যালকোহল] কিন্তু ইহা একটি অ্যাসিড। ইহা বর্ণহীন দানাদাব পদার্থ কিন্তু ইহা অত্যন্ত ক্ষতকারী পদার্থ। ইহা সংস্পর্শে চামড়ায় ক্ষত সৃষ্টি হয়। ফিনল বা কার্বলিক অ্যাসিড, বিস্ফোরক দ্রব্য পিকরিক অ্যাসিড, ঔষধ দ্রব্য স্যালিসাইলিক অ্যাসিড, অন্যান্য ঔষধ, প্লাস্টিক শিল্পে এবং জীবাণু নাশক পদার্থরূপে ও সাবান শিল্পে (কার্বলিক সাবান) ব্যবহৃত হয়।

4. **বেঞ্জাইল অ্যালকোহল** [Benzyl alcohol—$C_6H_5CH_2OH$] ঃ বেঞ্জাইল অ্যালকোহল টলুইন হইতে প্রস্তুত করা যায়। ক্লোরিনেব বিক্রিয়ায়

টলুইন বেঞ্জাইল ক্লোরাইডে পরিণত হয়। এই বেঞ্জাইল ক্লোরাইড তপ্ত পটাসিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বেঞ্জাইল অ্যালকোহল গঠিত হয়। যথা :

$$C_6H_5CH_3 \xrightarrow{Cl_2} C_6H_5CH_2Cl + HCl$$

টলুইন (উত্তপ্ত)   বেঞ্জাইল ক্লোরাইড

$$C_6H_5CH_2Cl + Na_2CO_3 + 2H_2O$$

বেঞ্জাইল ক্লোরাইড

$$\rightarrow C_6H_5CH_2OH + 2NaCl + H_2O + CO_2$$

বেঞ্জাইল অ্যালকোহল

বেঞ্জাইল অ্যালকোহল মিথাইল অ্যালকোহলের ন্যায় অ্যারোম্যাটিক অ্যালকোহল শ্রেণীর আদি যৌগ, ইহা বর্ণহীন তরল। কোন কোন ঔষধ ও রঞ্জক তৈরী করার জন্য ইহা ব্যবহার করা হয়।

5. **বেঞ্জালডিহাইড** [Benzaldehyde C_6H_5CHO] ঃ ইহা তিক্ত বাদামে (bitter almond) পাওয়া যায়। বেঞ্জাইল অ্যালকোহল জারিত করিয়া এইরূপ অ্যারোম্যাটিক অ্যালডিহাইড ও অ্যাসিড তৈরী করা যায়।

$$C_6H_5CH_2OH + [O] \xrightarrow{HNO_3} C_6H_5CHO + H_2O$$

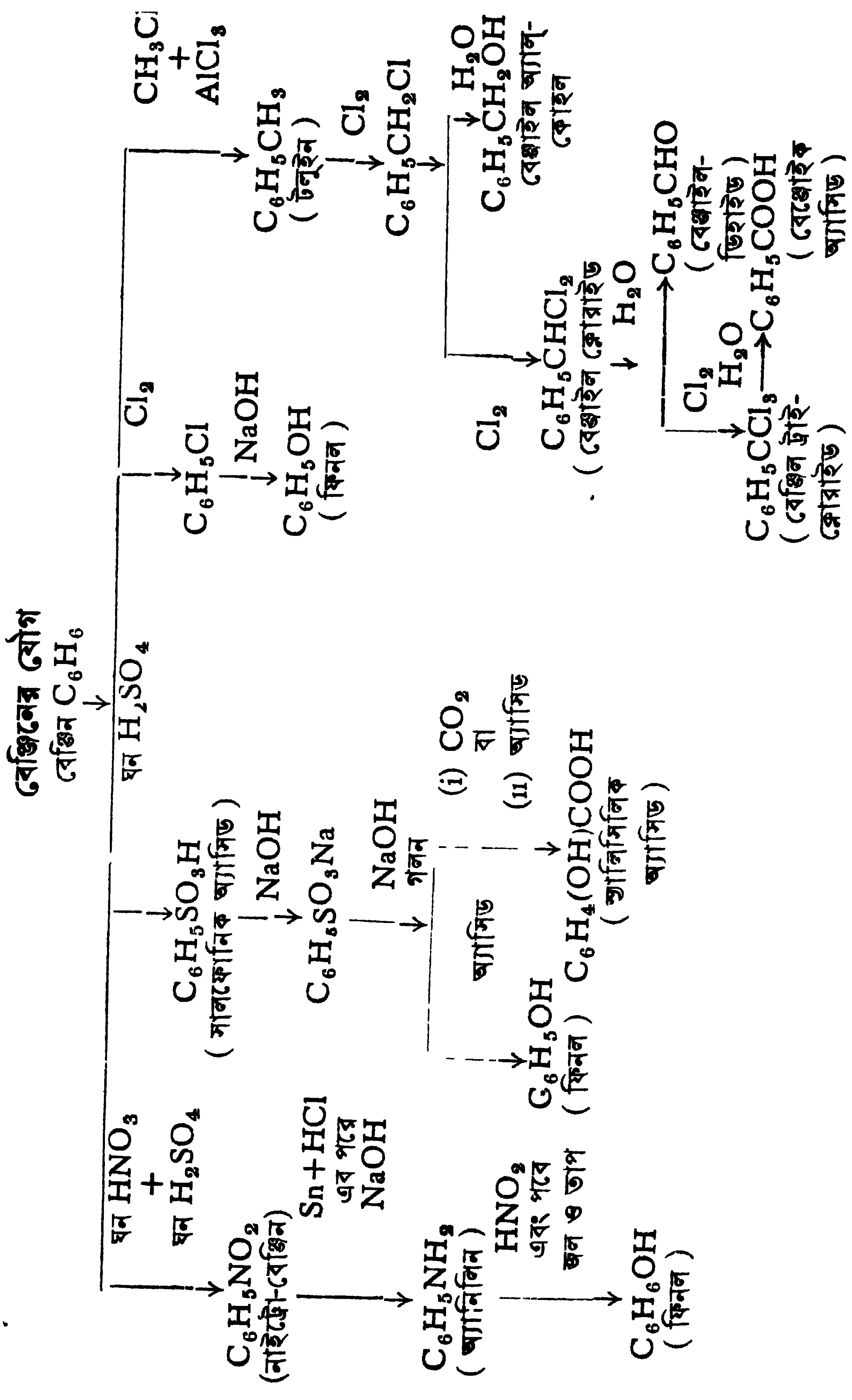
বেঞ্জাইল অ্যালকোহল   বেঞ্জেলডিহাইড

এই বর্ণহীন তরল পদার্থটি সংশ্লেষণী জৈব রসায়নের গবেষণায় এক বিশেষ প্রয়োজনীয় রাসায়নিক রূপে গণ্য। ইহা কৃত্রিম সুগন্ধী, ম্যালাকাইট গ্রীন জাতীয় বিভিন্ন রঞ্জকদ্রব্য প্রস্তুতির জন্য ব্যবহৃত হয়।

বেঞ্জোয়িক অ্যাসিড [Benzoic acid—C_6H_5COOH] : অ্যারোম্যাটিক অ্যাসিডের এই আদি যৌগটি বহু আগেই বিজ্ঞানীরা আবিষ্কার করেন। কোন কোন প্রাকৃতিক রজনে উহা পাওয়া যায়। বেঞ্জাইল অ্যালকোহল বা অ্যালডিহাইড জারিত করিয়া ইহা প্রস্তুত করা হয়। যথা :

$$C_6H_5CHO + [O] \xrightarrow{KMnO_4} C_6H_5COOH$$

এই অ্যাসিড ও ইহার লবণ ঔষধ রূপে এবং রঞ্জক ও সুগন্ধী শিল্পে ব্যবহৃত হয়।


বেঞ্জিনের যৌগ
বেঞ্জিন C_6H_6
ঘন HNO_3 + ঘন H_2SO_4
$C_6H_5NO_2$ (নাইট্রো-বেঞ্জিন)
Sn+HCl এর পরে NaOH
$C_6H_5NH_2$ (অ্যানিলিন)
HNO_2 এবং পরে জল ও তাপ
C_6H_5OH (ফিনল)
ঘন H_2SO_4
$C_6H_5SO_3H$ (সালফোনিক অ্যাসিড)
NaOH
$C_6H_5SO_3Na$
NaOH গলন
অ্যাসিড
C_6H_5OH (ফিনল)
(i) CO_2 বা (ii) অ্যাসিড
$C_6H_4(OH)COOH$ (স্যালিসিলিক অ্যাসিড)
Cl_2
C_6H_5Cl
NaOH
C_6H_5OH (ফিনল)
CH_3Cl + $AlCl_3$
$C_6H_5CH_3$ (টলুইন)
Cl_2
$C_6H_5CH_2Cl$
H_2O
$C_6H_5CH_2OH$ বেঞ্জাইল অ্যালকোহল
Cl_2
$C_6H_5CHCl_2$ (বেঞ্জাইল ক্লোরাইড)
H_2O
C_6H_5CHO (বেঞ্জালডিহাইড)
Cl_2
$C_6H_5CCl_3$ (বেঞ্জিন ট্রাই-ক্লোরাইড)
H_2O
C_6H_5COOH (বেঞ্জোইক অ্যাসিড)

রঞ্জন ও ঔষধ (Dyes and medicines)

অ্যারোম্যাটিক যৌগ হইতে নানারূপ কৃত্রিম রঞ্জনদ্রব্য ও ঔষধ তৈরী করা হয়। বস্তুত অধিকাংশ রঞ্জনদ্রব্য কৃত্রিম অ্যারোম্যাটিক যৌগ। এখন রসায়নাগারেই কৃত্রিমভাবে নীল তৈরী করা হয়। ইণ্ডিগো (নীল), 'কঙ্গোরেড', অ্যালিজারিন, ইত্যাদি কৃত্রিম রঞ্জকগুলি অ্যারোম্যাটিক জাতীয় জৈব যৌগ অ্যানিলিন ও অ্যানথ্রাসিন হইতে তৈরী করা হয়।

অ্যানিলিন বিভিন্ন ধরনের কৃত্রিম সালফা-ড্রাগ তৈরী করার জন্যও ব্যবহৃত হয়। ফিনল একটি বীজাণুনাশক ঔষধ। ইহা কার্বলিক অ্যাসিড নামেও পরিচিত। সাধারণ সাবানের সঙ্গে ফিনল মিশাইয়া কার্বলিক সাবান তৈরী করা হয়। ফিনল হইতে আর একটি বীজাণুনাশক অ্যারোম্যাটিক যৌগ তথা স্যালিসাইলিক অ্যাসিড তৈরী করা যায়। বেঞ্জোইক অ্যাসিডও একটি বীজাণুনাশক তথা অ্যান্টিসেপ্টিক পদার্থ।

Questions to be discussed

1. What is coal tar ? How is coal tar obtained ? What are the distillation products of coal tar ? How is coal tar distilled ?

2 What are the peculiarity of aromatic compounds ? Name some derivatives of benzene.

3. How is benzene obtained ? How can it be prepared synthetically ? What is the action of chlorine on benzene ?

4. What is toluene ? How is it prepared ? What are the uses of benzene and toluene ?

5. What are phenol, aniline and benzaldehyde ? Give their formulae and state their uses.

6. How benzene is obtained on a large-scale ? State peculiarities of benzone and its homologues. [*H. S. 1963 (comp)*]

7. What is benzene ? How is it obtained on a large scale ? Give structural formula of benzene and two of its higher homologues. State how they differ from methane and its homologue. [*H S. 1964*]

১১

খাদ্য ও পুষ্টি

আমাদের এবং অন্যান্য জীবের দেহ একটি বিচিত্র রসায়নাগার বিশেষ। প্রতিদিন আমরা যে-খাদ্য গ্রহণ করি দেহের রসায়নাগারে সেই খাদ্যদ্রব্যের মধ্যে নানারূপ রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং নানা পর্যায়ে বিভিন্ন রকম জৈব পদার্থ গঠিত হয়। শেষ পর্যায়ে আমাদের খাদ্যের নিম্নরূপ পরিণতি ঘটে:

(i) খাদ্যের একাংশ কার্বন-ডাই-অক্সাইড ও জলে পরিণত হইয়া আমাদের দেহে **তাপ ও শক্তি** (heat and energy) সঞ্চার করে ;

(ii) একাংশ **দেহ-কোষের গঠন ও পুষ্টিসাধন** করে ,

(iii) একাংশ দেহে **চর্বিরূপে** (fat) সঞ্চিত হইয়া প্রয়োজন অনুযায়ী দেহ হইতেই দেহের খাদ্য সরবরাহ করে , এবং

(vi) অবশিষ্টাংশ খাদ্য অসার ও অপ্রয়োজনীয় পদার্থ হিসাবে মল-মূত্র ও ঘর্মরূপে দেহের রসায়নাগার হইতে নিষ্ক্রান্ত হইয়া যায়।

সুতরাং বলা যায় যে—প্রথমত তাপ ও শক্তি সৃষ্টির জন্য, দ্বিতীয়ত দেহের গঠন অর্থাৎ পুষ্টিসাধনের জন্য এবং তৃতীয়ত, অবিরাম ব্যবহারের ফলে দেহের যে ক্ষয়-ক্ষতি হয় তাহা পরিপূরণ বা মেরামত করার জন্য আমাদের খাদ্যের প্রয়োজন।

প্রাণীর ন্যায় যানবাহন এবং কলকারখানার ইঞ্জিনেরও খাদ্যের প্রয়োজন। কয়লা ও তেল ইঞ্জিনের খাদ্য। কিন্তু কয়লা ও তেল শুধু তাপ ও শক্তি সঞ্চার করে। কয়লা বা তেল হইতে প্রাণীর ন্যায় ইঞ্জিন পুষ্টিবর্ধন বা যন্ত্রের ক্ষয়-ক্ষতির মেরামতের কাজ করিতে পারে না।

প্রয়োজনীয় খাদ্যের শ্রেণী-বিভাগ

প্রাণীর খাদ্যদ্রব্যের মূল পদার্থরূপে কয়েকটি বিশেষ শ্রেণীর জৈব পদার্থের তথা যৌগের প্রয়োজন।

1. তাপ ও শক্তি সঞ্চারী খাদ্যরূপে—(i) **কার্বোহাইড্রেট** (Carbohydrate) এবং (ii) **স্নেহ পদার্থ** বা **ফ্যাট** (fat)।

2. দেহবর্ধক, পুষ্টিকারক ও ক্ষতিপূরক খাদ্যরূপে—(iii) **প্রোটিন** (Protein) এবং (iv) **খনিজ লবণ** (Mineral salt)।

3. দেহ সংরক্ষণের সহায়ক খাদ্যরূপে—(v) **ভিটামিন** (Vitamin.)।

4. রাসায়নিক প্রক্রিয়ার সহায়ক খাদ্য—(iv) **জল** এবং (vii) **অক্সিজেন**।

এইরূপে বিভিন্ন শ্রেণীর জৈব যৌগের মধ্যে **কার্বোহাইড্রেট, প্রোটিন ও ফ্যাটই মূল খাদ্য পদার্থ**।

উদ্ভিদের দেহ রক্ষা ও পুষ্টির জন্যও এরূপ বিভিন্ন শ্রেণীর জৈব যৌগ জাতীয় খাদ্যদ্রব্যের প্রয়োজন। কিন্তু উদ্ভিদ্ বায়ু হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং মাটি হইতে **জল** ও খনিজ সার গ্রহণ করিয়া এবং সব **অজৈব যৌগের পদার্থকে** এক বিস্ময়কর প্রণালীতে নিজের দেহের রসায়নাগারের মধ্যেই কার্বোহাইড্রেট, প্রোটিন ও ফ্যাটরূপে **সংশ্লেষিত** (synthesize) করিতেই সক্ষম হয়। কিন্তু প্রাণী উদ্ভিদের ন্যায় অজৈব পদার্থ হইতে এরূপভাবে প্রয়োজনীয় জৈব যৌগিক পদার্থ সংশ্লেষণ করিতে পারে না। প্রাণীকে তাই জৈব যৌগরূপে কার্বোহাইড্রেট, প্রোটিন ও ফ্যাট প্রতিদিন আহার্য দ্রব্যের সঙ্গে গ্রহণ করিতে হয়।

বিভিন্ন শ্রেণীর জৈব যৌগের খাদ্য-মূল্য (Food value)

1. **কার্বোহাইড্রেট**ঃ বিভিন্ন শ্রেণীর চিনি, স্টার্চ, ও সেলুলুজ কার্বোহাইড্রেট নামে পরিচিত। চাল, ডাল, গম, ভুট্টা, বাজরা, আলু, সাগু, বার্লি ইত্যাদি আহার্য দ্রব্যগুলি প্রধানত কার্বোহাইড্রেট। ইহাদের মধ্যে স্বল্প পরিমাণে স্নেহ-পদার্থ বা ফ্যাট এবং প্রোটিনও থাকে। চাউলে স্টার্চের পরিমাণ 76 %, ময়দায় 76 %, সাগুতে 79 % এবং আলুতে 18 %। চিনি ও স্টার্চ জাতীয় কার্বোহাইড্রেট দেহের অভ্যন্তরে **আর্দ্র-বিশ্লেষিত** হইয়া **গ্লুকোজে** পরিণত হয়। এই **গ্লুকোজ বিশ্লিষ্ট হইয়া** কার্বন ডাই-অক্সাইড ও **জল** (CO_2 ও H_2O) **তৈরী হয় এবং সেই সঙ্গে সৃষ্টি হয় প্রচুর তাপ-শক্তি**। কার্বোহাইড্রেটের **সেলুলুজে** (আঁশালো নামের অংশের) কোনো **খাদ্য-মূল্য নাই**। ইহা খাদ্যের ওজন বৃদ্ধি করে, অন্ননালী ও পাকাশয়ে খাদ্য চলাচলের সহায়তা করিয়া মলের কঠিনাকৃতি গঠনে সাহায্য করে। **স্টার্চ ও চিনি**

আংশিকভাবে স্নেহ-পদার্থও তৈরী করে। কিন্তু ইহাদের প্রধান কাজ দেহের তাপ ও শক্তি সঞ্চার করা।

2. **স্নেহ-পদার্থ বা ফ্যাট :** স্নেহ-পদার্থ ফ্যাটি অ্যাসিড ও গ্লিসারলের এস্টার-জাতীয় যৌগিক পদার্থ। স্নেহ-পদার্থের মধ্যে তেল, ঘি, মাখন, বনস্পতি, নারিকেল তেল, চিনাবাদামের তেল, সরিষার তেল, কডলিভার তেল, জৈব চর্বি ইত্যাদি উল্লেখযোগ্য। স্নেহ-পদার্থ তাপ সৃষ্টি করে এবং সংরক্ষিত খাদ্যরূপে দেহে সঞ্চিত থাকে। খাদ্যের অভাব ঘটিলে অর্থাৎ অনশনে বা অর্ধাশনে প্রাণী নিজেব দেহের চর্বি বা স্নেহ-পদার্থকেই খাদ্যরূপে গ্রহণ করে।

3. **প্রোটিন :** প্রোটিন কার্বন, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, ও নাইট্রোজেনের এক বিশেষ ধবনেব জটিল যৌগ। কোন কোন প্রোটিন অণুর আণবিক ওজন 1000 হইতে পারে। প্রোটিন বিভিন্ন প্রকারের। আমরা প্রাণী বা উদ্ভিদ্ হইতে প্রোটিন খাদ্যরূপে গ্রহণ করি। প্রাণীজ প্রোটিন উদ্ভিজ্জ-প্রোটিনের চেয়ে সহজ-পাচ্য। প্রোটিন দেহাভ্যন্তরে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া এক শ্রেণীব জৈব অ্যাসিড গঠন কবে—যাহাদের নাম **অ্যামিনো অ্যাসিড**। এই অ্যামিনো অ্যাসিডগুলিব প্রধান কাজ প্রাণী-দেহের কোষ গঠন ও পুষ্টিসাধন। মাছ, মাংস, ডিম, দুধ, ছানা ইত্যাদি দ্রব্যগুলিতে প্রধান প্রাণীজ প্রোটিন এবং মসুর, মুগ, ছোলা, কলা, বাদাম ইত্যাদি বস্তুতে উদ্ভিজ্জ প্রোটিন পাওয়া যায়। আলুতে 2%, কলাতে 1·5%, দুধে 3%, পাউরুটিতে 6·5% এবং মাখনে 0·75% প্রোটিন পাওয়া যায়। মাংসে প্রোটিন থাকে প্রায় 20% এবং মাছে 21%।

4. **খনিজ পদার্থ :** মানুষের দেহের প্রায় 4% অংশ খনিজ পদার্থ দ্বাবা গঠিত। খনিজ পদার্থগুলির মধ্যে ক্যালসিয়াম, ফসফরাস, আয়রন, আয়োডিন, সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, সালফাব, সিলিকন, ক্লোরিন ও ফ্লোরিন ইত্যাদি মৌলিক পদার্থগুলি প্রধান। লবণ ছাড়া অপরাপর প্রায় সমস্ত খনিজ পদার্থ জৈবযৌগের আণবিক অংশরূপে আহার্যের সঙ্গে আমরা গ্রহণ করি।

(i) **ক্যালসিয়াম**—প্রাণী দেহের অস্থির 60% অংশের উপাদান ক্যালসিয়াম। রক্তে ক্যালসিয়াম থাকাতে রক্তপাত ঘটিলে উহা জমাট বাঁধে। রক্তে ক্যালসিয়াম ও সোডিয়ামের অনুপাত দ্বারা হৃদযন্ত্রের ক্রিয়া নিয়ন্ত্রিত হয়। দুধ, মাছ, ডিম,

আলু শাকসব্‌জি, কপি, গাজর, পান ইত্যাদি হইতে আমরা ক্যালসিয়াম পাই।

(ii) **ফসফরাস**—অস্থি এবং মস্তিষ্ক, স্নায়ু ও দেহকোষ গঠনের উপাদান। দুধ, ডিম, মাছ, মাংস, বাদাম, কড়াই শুঁটি ইত্যাদিতে ফসফরাস বর্তমান।

(iii) **আয়োডিন**—স্বল্প পরিমাণ প্রয়োজন, কিন্তু **থাইরয়েড গ্রন্থিতে** আয়োডিনের অভাব ঘটিলে **গলগণ্ড** রোগ হয় এবং থাইরয়েড গ্রন্থি অসুস্থ হইলে মানসিক বিকৃতিও ঘটিতে পারে। হিমালয় অঞ্চলের খাদ্যে আয়োডিনের অভাব আছে বলিয়া সেই অঞ্চলের পাহাড়ীদের মধ্যে গলগণ্ড রোগের প্রাদুর্ভাব ঘটে। কডলিভার তেল, সামুদ্রিক মাছ, রসুন, শালগম ইত্যাদির মধ্যে এবং সাধারণ লবণের সঙ্গেও আয়োডিন থাকে।

(iv) **লোহা**—রক্তের হিমোগ্লোবিন কণিকার সঙ্গে সংযুক্ত থাকে। রক্ত-স্রোতের এই হিমোগ্লোবিন কণিকার জন্যই দেহের জারণ ক্রিয়া সম্ভব হয়। লোহার অভাব ঘটিলে রক্ত-স্বল্পতা ঘটে এবং দেহে জারণ-ক্রিয়ার গুরুতর ক্ষতি হইয়া দেহ জীর্ণ হইয়া যায়। ডিম, বাদাম, কোকো, ডুমুর, নারিকেল, সবুজ সব্‌জি ইত্যাদি হইতে আমরা খাদ্যের সঙ্গে লোহা সংগ্রহ করি।

(v) **সাধারণ লবণ**—আমরা যথেষ্ট পরিমাণে অজৈব লবণ খাদ্য পদার্থরূপে গ্রহণ করি। দুধ, নারিকেল, ডাল, সব্‌জি ইত্যাদিতেও সাধারণ লবণ (NaCl) থাকে। আমাদের গ্যাস্ট্রিক রসের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এই সাধারণ লবণ হইতে উৎপন্ন হয়। ঘর্মরূপে প্রচুর সাধারণ লবণ দেহ হইতে নির্গত হইয়া যায় বলিয়া গ্রীষ্মপ্রধান দেশের খাদ্যে লবণ বেশি পরিমাণে প্রয়োজন।

5. **ভিটামিন :** 1498 খ্রীষ্টাব্দে উত্তমাশা অন্তরীপ ঘুরিয়া ভাস্কো-ডা-গামা যখন ভারতে পৌছেন তখন দেখা যায় তাঁহার 160 জন নাবিকের মধ্যে 60 জন নাবিকের **স্কার্ভী** নামক রোগে মৃত্যু ঘটিয়াছে। নাবিকদের পূর্বে বিশেষভাবে স্কার্ভী রোগে মৃত্যু ঘটিত। 1912 খ্রীষ্টাব্দের পর ভিটামিন আবিষ্কারের ফলে জানা যায় যে, ভিটামিনের অভাবেই স্কার্ভী রোগের আক্রমণ ঘটে। বর্তমানে নাবিকদের ভিটামিন-সমৃদ্ধ শাকসব্‌জি ও টাট্‌কা ফল সরবরাহ করিয়া স্কার্ভী রোগ হইতে রক্ষা করা সম্ভব হইয়াছে।

ভিটামিনের কোন খাদ্যমূল্য নাই। কিন্তু আমাদের দেহের পুষ্টিসাধনের প্রভাবকরূপে এবং দেহকে রোগ-ব্যাধির হাত হইতে রক্ষা করার প্রয়োজনে ভিটামিন নামক পদার্থ একান্ত অপরিহার্য।

কয়েকটি ভিটামিন এখন আমাদের সুপরিচিত। এই ভিটামিনগুলি বিভিন্ন জৈব যৌগ।

(i) **ভিটামিন-এ**—ইহা দেহের পুষ্টিসাধনে এবং রোগ-ব্যাধির হাত হইতে-দেহরক্ষায় সহায়তা করে। এই ভিটামিনের অভাব ঘটিলে চক্ষুরোগ, পাইওরিয়া, চর্মরোগ এমন কি ক্ষয়রোগ ও অন্ত্রপ্রদাহের প্রাদুর্ভাব ঘটিতে পারে। মাখন, ডিমের হলুদ অংশ, কড মাছের তেল, হাঙ্গর-তেল, চিতল ও রুই এবং ইলিশ মাছের তেল, টাকটা শাকসব্‌জি বাঁধা কপি, পালং, টম্যাটো, বেগুন, গাজর ইত্যাদিতে ভিটামিন-এ পাওয়া যায়। **ক্যারোটিন** নামক এক প্রকার পদার্থ এই ভিটামিনের অভাব পুরণ করিতে পারে।

(ii) **ভিটামিন-বি**—ইহা দেহকে পুষ্ট করে ও সতেজ রাখে। ইহার অভাবে বেবিবেবি রোগ হয়। আকাঁড়া-চাল, অঙ্কুরিত গম, মাছ, ডাল ও শাকসব্‌জিতে এই ভিটামিন পাওয়া যায়। চাল বেশী ধুইলে বা ভাতের ফেন ফেলিয়া দিলে ভাতে ভিটামিন বি'র অভাব ঘটে।

(iii) **ভিটামিন-সি**—ইহার অভাব স্কার্ভী রোগের কারণ। দাঁতের গোড়া ফোলা, মাথাধরা, রক্তপাত, খিচুনি ইত্যাদি এই রোগের লক্ষণ। লেবু, টম্যাটো, পালংশাক, অঙ্কুরিত মুগ ও ছোলা, আমলকী ইত্যাদিতে ভিটামিন-সি পাওয়া যায়।

(iv) **ভিটামিন-ডি**—ইহা দেহের পুষ্টিসাধন ও অস্থিগঠনের সহায়ক। ইহার অভাবে অস্থি গঠনে বিঘ্ন ঘটে এবং রিকেট রোগ দেখা দেয়। কডলিভার ও হাঙ্গর লিভার এবং করাত মাছের লিভারের তেলে এই ভিটামিন পাওয়া যায়। সূর্যালোকের আলট্রা-ভায়লেট রশ্মি চামড়ার উপরে পড়িলে ভিটামিন-ডি তৈরী হয়। এজন্য শিশুদের পক্ষে রৌদ্র-সেবন বিশেষ উপকারী।

(v) **ভিটামিন-ই**—এই ভিটামিনের অভাবে জীবের প্রজনন ক্ষমতা ক্ষুণ্ণ হয়। দুধ, মাংস ও শাকসব্‌জিতে ভিটামিন-ই পাওয়া যায়।

(vi) **ভিটামিন-জি**—ইহা দেহে পুষ্টিসাধনে সহায়তা করে। দুধ, ডিম, শাকসব্‌জিতে ইহা পাওয়া যায়।

(vii) **ভিটামিন-কে**—ইহা রক্তপাত ঘটিলে রক্ত জমাইয়া রক্তক্ষরণ বন্ধ করে। শাকসব্‌জি ইহার আধার।

বিভিন্ন খাদ্যদ্রব্যে ভিটামিন

এখানে কয়েকটি প্রধান খাদ্যের ভিটামিন-মূল্য দেখানো হইল। সংকেতগুলির অর্থ এইরূপ :

+	আছে
++	মাঝারি পরিমাণ
+++	যথেষ্ট
—	নাই বলিলেও চলে

	এ-ভিটামিন	বি-১ ভিটামিন	সি-ভিটামিন	বি-২ ভিটামিন
চাল (পালিশ করা)	—	—	—	—
চাল (কলে ছাঁটা)	+	++	—	+
আটা	+	+++	—	+
মুগ	+	++	—	++
মসুর	++	++	—	+++
দুধ	+++	+	++	+++
লিভার	+++	+	+	+++
কডলিভার তেল	+++	—	—	++
ডিম	+++	+	—	+++
মাছ	+	+	—	+
মাংস	+	+	—	+
কমলালেবু	—	+	+++	+
টম্যাটো	+	+	+++	+
আলু (সিদ্ধ)	++	++	++	+
লেবু	—	+	+++	+
আপেল	+	+	++	++
অঙ্কুরিত মুগ ও ছোলা	+	++	+	+
আম	+++	++	+++	++
কুমড়া	++	+	+	—
গুড়	+	—	—	—
চিনি	—	—	—	—
নারিকেল	+	++	—	++
কলা	+	++	++	++
পালং শাক	+++	+	++	++
স্যালাড (লেটুস শাক)	+	++	++	++
পেঁয়াজ	—	+	++	+
গাজর	+++	++	++	++

6. **জল ও অক্সিজেন :** আমাদের দেহের প্রায় 60 % অংশ জল দ্বারা গঠিত। খাদ্য, লবণ ও ভিটামিনকে সমস্ত দেহে সঞ্চালিত করিতে এবং বিক্রিয়া

ঘটাইতে জল সহায়তা করে। জল সমস্ত দেহকে বিধৌত করিয়া বহু দূষিত পদার্থ ঘাম ও মূত্রের সঙ্গে দেহ হইতে নির্গত করিয়া দেয়। বায়ুর অক্সিজেন রক্তে সঞ্চালিত হইয়া আমাদের দেহে জীবন ক্রিয়ায় সহায়তা করে এবং বহু দূষিত গ্যাস নিঃশ্বাসরূপে দেহ হইতে নির্গত করিয়া দেয়।

আমাদের কয়েকটি প্রধান খাদ্যের কার্বোহাইড্রেট, ফ্যাট ও প্রোটিনের শতকরা পরিমাণ এবং উহাদের শক্তি যোগাইবার ক্ষমতা নিম্নে দেওয়া হইল।

খাদ্য	কার্বোহাইড্রেট	ফ্যাট	প্রোটিন	খনিজ	CaP		Fe mg/100 g	ক্যালোরী মূল্য ক্যালোরী প্রতি 100 গ্রাঃ
কলে ছাঁটা সিদ্ধ চাল	79·1	0·4	6·0	0·8	·01	·15	2·2	346
গম (আটা)	72·2	1·7	12·1	1·8	04	·32	7·2	353
ডাল মসুর (lentil)	59·7	·7	25·1	4	13	·25	2	346
মুগ	56·6	1·1	19·7	4·5	·07	·3	4·4	315
আলু (74% জল)	22·9	·1	1·6	·6	·01	·03	·7	99
বেগুন (92% জল)	6·4	·3	1·3	·5	·02	06	1·3	34
মিঠা আলু (68% জল)	34	3	1·2	1	·02	·05	·8	132
কাঁচা কলা (83% জল)	14·7	·2	1·4	·5	·01	·02	6	66
কুমড়া (92% জল)	5·3	·1	1·3	6	01	·03	·7	28
ফুলকপি (89% জল)	5·3	·4	3·5	1·4	·03	·06	1·3	33
বাঁধাকপি (90% জল)	6·3	·1	1·8	6	·03	·85	·8	36
পেঁয়াজ (84% জল)	13·2	·1	1·8	·6	·04	·06	·1·2	61
টম্যাটো (92% জল)	4·5	·1	1·9	·7	·12	·04	2·4	27
নারিকেল (36·3% জল)	1·3	41	4·5	1	·01	·24	1·7	444
বাদাম (5% জল)	105	58·9	20·8	2·9	·23	·49	3·5	655
কলা (পাকা 61% জল)	39·4	·2	1·3	·7	·01	·05	·4	153
আপেল (86% জল)	13·4	·1	3	·3	·01	·02	1·7	56
লেবু (85% জল)	11·1	·9	·1	·3	·07	·10	2·3	57
কমলা লেবু (87% জল)	10·6	·3	·9	·4	·05	·02	·1	49
পাকা আম (86% জল)	11·8	·1	·6	·3	·10	·02	·3	50
হাঁসের ডিম (71% জল)	0·7	13·7	13·5	·1	07	·26	·3	180
পাঁঠার মাংস (71% জল)	0·5	13·3	18·5	1·3	·15	·15	3·5	194
মাঝারি মাছ (78% জল)	0·2	1·6	21·5	0·2	·06	·41	2·3	100
মুরগীর মাংস (72% জল)	0·3	·6	25·6	1·3	·03	·25	—	109
গরুর দুধ (87·6% জল)	4·8	3·6	3·3	0·7	·12	·09	0·2	65
মহিষের দুধ (81% জল)	5·1	8·8	4·3	·8	·21	1·3	0·2	117

100 গ্রাম = 3·5 আউন্স

সুষম খাদ্য বা ব্যালেন্সড্ ডায়েট (Balanced diet)

মানুষের দেহ গড় হিসাবে নিম্নলিখিত মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত :

অক্সিজেন—65 %
কার্বন—18 %
হাইড্রোজেন—10 %
নাইট্রোজেন—3 %
ক্যালসিয়াম—1·5 %

ফসফরাস—1 %
পটাসিয়াম—0·35 %
সালফার—0·25 %
সোডিয়াম—0·15 %
ক্লোরিন—0·15 %

লৌহ, ম্যাগনেসিয়াম, আয়োডিন, সিলিকিন ইত্যাদি—1·6 %

এই সমস্ত মৌলগুলি বিভিন্ন জৈবযৌগরূপে মানবদেহে সংগঠিত থাকে। আমাদেব দেহে এই সমস্ত জৈবযৌগ গঠিত হয় কার্বোহাইড্রেট, স্নেহ-পদার্থ ও প্রোটিন জাতীয় পদার্থ হইতে উপাদান সংগ্রহ করিয়া।

কোন **খাদ্যের মূল্য নির্ধারণ করা হয় সেই খাদ্যের তাপ সৃষ্টি করিবার ক্ষমতা দ্বারা**। খাদ্যদ্রব্যের ওজন মাপা হয় পাউণ্ড বা কিলো হিসাবে, সেরূপ খাদ্য কত পরিমাণ তাপ সৃষ্টি করিতে সক্ষম সেই তাপমাত্রা মাপা হয় **ক্যালোরী** রূপে। তাপ-বিজ্ঞানে যে-মাত্রায় ক্যালোরীর হিসাব নির্ধারিত হয় খাদ্য-বিজ্ঞানে সেই ক্যালোবীর মাত্রা 1000 গুণ বেশি।

খাদ্যেব গুরুত্ব খাদ্যের ওজনের উপর নির্ভর কবে না, নির্ভর করে তাপ সৃষ্টি করার ক্ষমতার উপর। তাই, খাদ্যের মাত্রা মাপা হয় ক্যালোবী রূপে। খাদ্যের পবিমাণ **বয়স ও বৃত্তির** উপরে নির্ভব করে। কোন্ বৃত্তির লোকেব জন্য কত পরিমাণ **ক্যালোরী** তথা, তাপ-সৃষ্টিকারী খাদ্যের প্রয়োজন তাহার তালিকা হইতে দেখা যায় :

(i) **পুরুষ :** 120 পাউণ্ড ওজন :

লঘু শ্রম	মধ্যম শ্রম	কঠোর শ্রম
2400	3000	3600

(ii) **নারী :** 100 পাউণ্ড ওজন :

লঘু শ্রম	মধ্যম শ্রম	কঠোর শ্রম
2100	2500	3000

(iii) **বালক :** 12 হইতে 15 বৎসব বয়স : 2400
তরুণ : 15 হইতে 21 বৎসর বয়স : 2400

বিভিন্ন শ্রেণী খাদ্যদ্রব্য বিশ্লেষণে দেখা যায় কার্বোহাইড্রেট, প্রোটিন ও ফ্যাটের তাপ উৎপাদনের আনুপাতিক ক্ষমতা যথাক্রমে—4, 4, 9, অর্থাৎ

ফ্যাটের ক্যালোরী-মূল্য কার্বোহাইড্রেট ও প্রোটিনের প্রায় দ্বিগুণ। এই হিসাবে একজন পূর্ণবয়স্ক ব্যক্তির জন্য 2700—2800 ক্যালোরী-মূল্য অনুযায়ী দৈনিক খাদ্যের প্রয়োজন। যথা :

কার্বোহাইড্রেট—350 গ্রাম
প্রোটিন— 65 গ্রাম
স্নেহ পদার্থ— 60 গ্রাম

বিভিন্ন আহার্য দ্রব্যের মধ্যে কার্বোহাইড্রেট, প্রোটিন ও স্নেহ-পদার্থের পরিমাণ বিভিন্ন। তাই, বিভিন্ন আহার্য দ্রব্য এমনভাবে এবং এমন পরিমাণে মিশ্রিত করিয়া খাদ্যের তালিকা তৈরী করা প্রয়োজন যাহাতে সেই আহার্য হইতে প্রয়োজনীয় কার্বোহাইড্রেট, প্রোটিন ও স্নেহ-পদার্থ, খনিজ দ্রব্য ও ভিটামিন পাওয়া যায়।

প্রয়োজনীয় কার্বোহাইড্রেট, প্রোটিন ও স্নেহ-পদার্থ এবং খনিজ পদার্থ ও ভিটামিন সরবরাহকারী মিশ্রিত আহার্য দ্রব্যকেই সুষম খাদ্য বা ব্যালেন্সড ডায়েট বলা হয়।

সুষম খাদ্যের কোন সুনির্দিষ্ট তালিকা রচনা করা সম্ভব নয়। এইরূপ তালিকা বিভিন্ন দেশের খাদ্যের রুচি ও খাদ্য দ্রব্যের উপর নির্ভর করে। **কুন্নুর ন্যাশন্যাল ল্যাবরেটরী** হইতে প্রকাশিত **সুষম খাদ্য** তালিকার সূচী নিম্নরূপ :

খাদ্যশস্য	14 আউন্স	দুধ	10 আউন্স
ডাল	3 আউন্স	চিনি ও গুড	2 আউন্স
শাকসব্‌জি	4 আউন্স	বনস্পতি, ঘি	
মূলজাতীয় সব্‌জি	3 আউন্স	মাখন ইত্যাদি	2 আউন্স
অন্যান্য সব্‌জি	3 আউন্স	মাছ ও মাংস	3 আউন্স
ফল	3 আউন্স	ডিম	একটি

এরূপ সুষম খাদ্য সাধারণের পক্ষে সংগ্রহ করা সম্ভব নয়। মধ্যবিত্ত বাঙালীর পক্ষে গড়-খাদ্যতালিকা নিম্নরূপ :

কলে ছাঁটা চাল	10 আউন্স	ঘি	1 আউন্স
ডাল	3 আউন্স	দুধ	8 আউন্স
তরকারী	6 আউন্স	চিনি	3 আউন্স
শাকসব্‌জি	4 আউন্স	মাছ	2 আউন্স
তেল	2 আউন্স	লবণ, মসলা ইত্যাদি।	

এই খাদ্যসমূহের তাপ-মূল্য 2650 ক্যালোরী

খাদ্যের পচন (Digestion of food)

আমরা যে সমস্ত খাদ্যদ্রব্য গ্রহণ করি উহা **এনজাইম** নামের একপ্রকার জৈব অনুঘটক দ্বারা বিশ্লেষিত হয়। এই বিশ্লেষিত খাদ্যদ্রব্য দেহযন্ত্র হইতে নিঃসৃত বিভিন্ন অ্যাসিড ও ক্ষারকীয় পদার্থের জারণ-ক্রিয়ায় রূপান্তরিত হইয়া যায় এবং শেষ পর্যন্ত অংশত কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলরূপে জারিত হইয়া দেহে তাপ ও শক্তি সৃষ্টি করে, অংশত দেহকোষের গঠন ও পুষ্টিসাধন করে, অংশত স্নেহ-পদার্থরূপে দেহে সঞ্চিত থাকে এবং অবশিষ্টাংশ অপ্রয়োজনীয় পদার্থ হিসাবে মূত্র ও ঘর্মরূপে দেহ হইতে নির্গত হইয়া যায়।

খাদ্য গ্রহণ ও চর্বনের সঙ্গে সঙ্গে মুখে **ক্ষারধর্মী লালা** বা **স্যালাইভা** (saliva) নিঃসৃত হইয়া খাদ্যদ্রব্য আর্দ্র বিশ্লেষিত করে এবং এনজাইমের সহায়তায় আংশিক ভাবে **মলটোজ** নামের চিনিতে পরিণত করে। অন্ননালী দ্বারা মুখের শক্ত খাদ্য **পাকস্থলীতে** প্রবেশ করে। পাকস্থলীর পেশী সংকোচনের ফলে **গ্যাস্ট্রিক রস** (gastric juice) নির্গত হয়। এই গ্যাষ্ট্রিক রসে 0·4—0 5% HCl এবং এক বিশেষ ধরনের এনজাইম থাকে। চব্বিশ ঘণ্টায় প্রায় $2\frac{1}{2}$ পাউণ্ড গ্যাস্ট্রিক রস ক্ষরিত হয়। এখানে **প্রোটিন** আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া **পেপটোন** (peptone) নামক পদার্থে এবং অন্যান্য সরল যৌগে পরিণত হয়। স্টার্চ জাতীয় পদার্থও আংশিকভাবে মলটোজে পরিণত হয়।

পাকস্থলীর অর্ধ-তরল ও অর্ধ-জীর্ণ খাদ্য ক্রমশ নিচের দিকে নামিয়া ক্ষুদ্র অন্ত্রে স্থানলাভ করে। এখানে কার্বোহাইড্রেট ও প্রোটিন এবং স্নেহ পদার্থ **গল ব্লাডার** হইতে প্রচুর পরিমাণে ক্ষরিত **পিত্ত রস** (bile), অগ্ন্যাশয় বা প্যানক্রিয়াস হইতে নিঃসৃত **অগ্ন্যাশয় রস** এবং ক্ষুদ্র-অন্ত্রের ঝিল্লী হইতে নির্গত রস দ্বারা বিকৃত হয়। এই রসগুলি ক্ষারধর্মী এবং গ্যাষ্ট্রিক রস হইতে নির্গত অ্যাসিডকে প্রশমিত করিয়া দেয়। এই রসগুলি বিভিন্ন এনজাইমের সাহায্যে (i) স্টার্চকে মলটোজ চিনিতে এবং মলটোজকে **গ্লুকোজে**, (ii) প্রোটিনকে বিভিন্ন **অ্যামিনো অ্যাসিডে** এবং (iii) স্নেহ পদার্থকে বিভিন্ন ফ্যাটি অ্যাসিডে ও **গ্লিসারল** অ্যালকোহলে পরিণত করে। অবশিষ্ট অপ্রয়োজনীয় জীর্ণ খাদ্য **বৃহৎ-অন্ত্রে** প্রবেশ করে এবং মলরূপে নির্গত হইয়া যায়।

ক্ষুদ্র অন্ত্রে যে গ্লুকোজ তৈরী হয় তাহা লিভারে সঞ্চিত হইয়া **গ্লাইকোজেন** নামে প্রাণীজ স্টার্চে পরিণত হয় এবং লিভারে সঞ্চিত থাকে। প্রয়োজন

অনুযায়ী এই গ্লাইকোজেন বিভিন্ন মাংসপেশীতে সঞ্চারিত হয় এবং পুনরায় গ্লুকোজে পরিণত হইয়া অন্তিম পর্যায়ে রক্তের অক্সিজেনের সঙ্গে মিলিত CO_2 ও H_2O অণুতে পরিণত হইয়া তাপ সৃষ্টি করে। যথা :

$$C_6H_{12}O_6 \quad + \quad O_2 \qquad \rightarrow CO_2 \quad + \quad H_2O + [\text{তাপ}]$$

গ্লুকোজ অক্সিজেন কার্বন-ডাই-অক্সাইড জল

ফ্যাটি অ্যাসিড পুনরায় চর্বিতে পরিণত হইয়া ত্বকের নীচে সঞ্চিত থাকে এবং দেহে খাদ্যের অভাব ঘটিলে দেহ এই চর্বি খাদ্যরূপে গ্রহণ করে। অ্যামিনো অ্যাসিড দেহকোষ পুষ্ট ও বর্ধিত করে। অতিরিক্ত অ্যামিনো অ্যাসিড লিভারে স্থান লাভ করিয়া গ্লুকোজে পরিণত হয় এবং রক্তের মাধ্যমে এই গ্লুকোজ তাপ ও শক্তি সৃষ্টি করার জন্য মাংসপেশীকে গ্লুকোজ সরবরাহ করে। বস্তুত লিভার রক্তস্রোতে গ্লুকোজের সরবরাহ নিয়ন্ত্রিত করিয়া শরীরের শোধনাগারের কাজ করে।

এইভাবে খাদ্য আমাদের পাকাশয়ে দেহের তাপসঞ্চার ও পুষ্টিসাধনের কাজ সম্পন্ন করে।

Questions to be discussed

1. What is balanced diet ? What are the functions of diet ? What are the essential classifications of food ?

2. What are the functions of carbohydrate, protein, fat and mineral salts ? How do vitamins help maintaining our health ?

3. What is vitamin ? What are their functions ? Name a few vitamins and their specific functions.

4. Give a simple description of the process of digestion of food in human stomach.

১২

মৌলিক পদার্থের পর্যায় সারণী বা পিরিয়ডিক টেবল্
(Periodic classification or Table of Elements)

ইতিহাস ঃ প্রাকৃতিক ও কৃত্রিম মৌলসহ মোট মৌলিক পদার্থের সংখ্যা বর্তমানে প্রায় এক শ' তিনটি (103)। যে সময়ে মাত্র পঞ্চাটির মত মৌলিক পদার্থ আবিষ্কৃত হয় সে'সময় হইতেই বিজ্ঞানীদের মনে প্রশ্ন উঠে,—মৌলিক পদার্থগুলিকে কি কোন বিশেষ সূত্র বা পদ্ধতি অনুযায়ী বিভিন্ন সমধর্মী শ্রেণীতে শৃঙ্খলাবদ্ধ করিয়া কোন টেবল্ বা চার্টরূপে সাজান যায় না ?

এরূপ উদ্দেশ্যে মৌলিক পদার্থগুলিকে ধাতু ও অধাতু তথা **মেটাল** ও **নন-মেটালরূপে** (metal and non-metal) দুইটি শ্রেণীতে ভাগ করার চেষ্টা হয়। কিন্তু দেখা যায় যে মৌলিক পদার্থের ধাতব ও অধাতব ধর্ম সুস্পষ্ট নয় বলিয়া একপ শ্রেণীভাগও সম্পূর্ণ এবং সুনির্দিষ্ট হয় না।

সমধর্মী মৌলিক পদার্থগুলিকে শ্রেণীবদ্ধ করার সূত্র আবিষ্কারে 1817 সালে প্রথম চেষ্টা করেন জার্মান বিজ্ঞানী **ডোবেরিনার** (Dobereiner)। তিনি লক্ষ্য করেন যে, যে-কোন সমধর্মী তিনটি মৌলিক পদার্থের নিম্নতর ও উচ্চতর পারমাণবিক ওজনের মৌল দুইটির ওজন যোগ করিয়া দুই সংখ্যা দ্বারা ভাগ করিলে যে মধ্যসংখ্যা পাওয়া যায় তাহা মধ্যবর্তী মৌলের পারমাণবিক ওজনের প্রায় সমান। তিনি এই সূত্রটির নাম দেন **ত্রয়ীসূত্র** বা **ল অব ট্রায়াডস** (Law of Triads)। এই সূত্র অনুযায়ী উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে সমধর্মী ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আইয়োডিনের ন্যায় তিনটি মৌলের প্রথম ও তৃতীয় মৌলের পারমাণবিক ওজনের যোগফলকে দুই দিয়া ভাগ করিলে যে সংখ্যা পাওয়া যায় তাহা ব্রোমিনের পারমাণবিক গুরুত্বের প্রায় সমান। ত্রয়ী মৌল লিথিয়াম, সোডিয়াম ও পটাসিয়ামের ক্ষেত্রেও এই নীতি প্রযোজ্য। যথা :

Cl – 35·5, Br – 80, I – 127 , $\frac{Cl_{35\cdot5}+I_{127}}{2}=81$ (Br = 80)

Li – 6·94, Na – 23, K – 39·1 ; $\frac{Li_{6\cdot94}+K_{39\cdot10}}{2}=22\cdot92$ (Na = 23)

ক্যালসিয়াম, স্ট্রনসিয়াম ও বেরিয়াম ত্রয়ী-মৌলের পক্ষেও এই ত্রয়ী সূত্র প্রয়োগ করা যায়। কিন্তু এই সূত্র সমস্ত মৌলিক পদার্থের ক্ষেত্রে সাধারণভাবে প্রয়োজ্য নয় বলিয়া ইহা মৌলিক পদার্থগুলিকে শ্রেণীবদ্ধ করার পক্ষে সন্তোষজনক সূত্র নয়।

মৌলিক পদার্থগুলিকে সমধর্মী মৌলে শ্রেণীবদ্ধ করার উদ্দেশ্যে পরবর্তীকালে নানাভাবে চেষ্টা করা হয়। এরূপ প্রচেষ্টার মধ্যে বৃটিশ বিজ্ঞানী নিউল্যাণ্ডের (Newland) অবদান বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য। 1864 সালে তিনি একটি সূত্র প্রকাশ করিয়া বলেন :

মৌলিক পদার্থগুলিকে পরপর উচ্চতর পারমাণবিক ওজন অনুযায়ী যদি পংক্তিবদ্ধ করিয়া সাজান যায় তাহা হইলে যে-কোন একটি মৌলিক পদার্থ হইতে গণনা আরম্ভ কবিলে পরবর্তী অষ্টম সংখ্যক মৌল ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে প্রথম মৌলটির অনুরূপ হইবে। প্রতি অষ্টম পদার্থের ক্ষেত্রে এরূপ সমধর্মী পদার্থের পুনরাবর্তন ঘটে সঙ্গীতের স্বর-সপ্তক-সূত্র অনুযায়ী।

সঙ্গীতের ‘সা’-গ্রাম হইতে গণনা সুরু কবিলে অষ্টম গ্রাম রূপে পুনরায় সমধর্মী ‘সা’-গ্রাম পাওয়া যায়। সেইরূপ মৌলিক পদার্থগুলিকে পবপর উচ্চতর পারমাণবিক ওজন অনুযায়ী পংক্তিবদ্ধ করিয়া সাজাইলে যে কোন মৌলিক পদার্থ হইতে গণনা সুরু করিলে পববর্তী অষ্টম মৌলটি প্রথম মৌলের সমধর্মী হইবে। নিউল্যাণ্ড এই সূত্রটি নাম দেন **অষ্টক সূত্র** বা **ল অব অক্টেভস্** (Law of Octaves)। এই সূত্র অনুযায়ী মাত্র 17টি মৌলকে মোটামুটি শ্রেণীবদ্ধ করা সম্ভব,—প্রতিটি মৌলের ক্ষেত্রে সাধারণভাবে এই সূত্রটি প্রযোজ্য নয়। যথা :

1 H	2 Li	3 Be	4 B	5 C	6 N	7 O
8 F	9 Na	10 Mg	11 Al	12 Si	13 P	14 S
15 Cl	16 K	17 Ca	18 Cr	19 Ti	20 Mn	21 Fe

এই তালিকাতেই দেখা যায় যে 1, 8 এবং 15 সংখ্যাব হাইড্রোজেন, ফ্লোরিন ও ক্লোরিন, 2, 9 এবং 16 সংখ্যাব লিথিয়াম, সোডিয়াম ও পটাসিয়াম ইত্যাদি সমধর্মী। কিন্তু ম্যাঙ্গানীজ, নাইট্রোজেন বা ফসফরাসেব এবং আয়রন, অকসিজেন বা সালফার সমধর্মী নয়। নিউল্যাণ্ড অনেকখানি অগ্রসর হইলেও পববর্তী গবেষণার অভাবে পর্যায় সারণীর যথার্থ সূত্র আবিষ্কাব কবিতে সক্ষম হন নাই।

মেণ্ডালিফের পর্যায়-সূত্র

পর্যায় সারণী বা মৌলিক পদার্থগুলিকে সমধর্মী শ্রেণীতে বিভক্ত করিয়া শৃঙ্খলাবদ্ধ করিবার মূল সূত্র আবিষ্কারের কৃতিত্ব রুশ বিজ্ঞানী **মেণ্ডালিফের**

[Mendeleeffe or Mendeleeve]। 1864 সালে মেণ্ডালিফ পর্যায় সারণীর সূত্র আবিষ্কার করেন। তিনি একটি কার্ডের উপরে এক একটি মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন ও ইহাদের বিশেষ ধর্মগুলি লিপিবদ্ধ করেন। এই কার্ডগুলি তিনি নানা নক্সায় এবং নানা চার্টে বারবার সাজাইবার চেষ্টা করেন। শেষ পর্যন্ত দীর্ঘ পরিশ্রমের পরে একটি বিশেষ পদ্ধতিতে মৌলিক পদার্থগুলি সাজাইয়া পর্যায় সারণী তথা মৌলিক পদার্থগুলিকে কয়েকটি সমধর্মী শ্রেণীতে সুশৃঙ্খলিত করার মূল সূত্রটি তিনি আবিষ্কার করিতে সক্ষম হন।

মৌলিক পদার্থগুলি পরপর উচ্চতর পারমাণবিক ওজন অনুযায়ী পংক্তিবদ্ধ করিয়া সাজাইবার পরে তিনি লক্ষ্য করেন যে এক একটি বিশেষ সংখ্যার ব্যবধানে মৌলিক পদার্থগুলি মোটামুটি সমধর্ম অনুযায়ী পুনরাবৃত্ত হয়। অর্থাৎ, পারমাণবিক ওজনের নিম্নতর হইতে উচ্চতর ক্রম অনুযায়ী পংক্তিবদ্ধ করিয়া সাজাইলে মৌলিক পদার্থগুলির ধর্মে পর্যায় অনুক্রমিক পুনরাবর্তন পদ্ধতি বা পিরিয়ডিসিটি (Periodicity) দেখা যায়। মেণ্ডালিফ যে সূত্রটি আবিষ্কার করেন তাহা **পর্যায় সূত্র** বা **পিরিয়ডিক ল** (Periodic Law) নামে পরিচিতি। এই সূত্রটি বলে:

বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের ভৌতিক ও রাসায়নিক ধর্মাবলী পর্যায়ক্রমে ইহাদের পারমাণবিক ওজন বা অ্যাটমিক ওয়েট অনুযায়ী পুনরাবৃত্ত হয়।

এই সূত্রটি ব্যাখ্যা করিলে সারার্থ এই দাঁড়ায় যে, প্রথমত, মৌলিক পদার্থের মৌলিকত্ব অর্থাৎ ইহাদের মূল ধর্ম পারমাণবিক ওজনের উপরে নির্ভরশীল, দ্বিতীয়ত, বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের ধর্ম শুধু এককভাবে পারমাণবিক ওজনের উপরে নির্ভরশীল নয়—পর্যায়ক্রমে নির্ভরশীল অর্থাৎ এক একটি পর্যায়ের সংখ্যা অনুযায়ী মৌলিক পদার্থের সমধর্ম পুনরাবৃত্ত হয়।

মেণ্ডালিফের সূত্র অনুযায়ী মৌলিক পদার্থের যে শ্রেণীবদ্ধ তালিকা বা চার্ট তৈরী করা হইয়াছে তাহাকে **মৌলিক পদার্থের পর্যায় সারণী** বা **পর্যাবৃত্ত তালিকা** বা **পর্যাবৃত্ত শ্রেণী ভাগ** তথা **পিরিয়ডিক টেবল্**, বা **পিরিয়ডিক চার্ট**, বা **পিরিয়ডিক ক্লাসিফিকেশন অব এলিমেণ্টস বলা হয়** (Periodic Table or Periodic Chart or Periodic Classification of Elements)।

পরপৃষ্ঠায় একটি মৌলের পর্যায় সারণী বা পিরিয়ডিক চার্ট বা টেবল্ দেওয়া হইল:

SHORT PERIODIC TABLE

PERIODS	SERIES	GROUPS															
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	O
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b		
1	1	H 1													H 1		He 2
2	2	Li 3		Be 4			B 5		C 6		N 7		O 8		F 9		Ne 10
3	3	Na 11		Mg 12			Al 13		Si 14		P 15		S 16		Cl 17		A 18
4	4 5	K 19	Cu 29	Ca 20	Zn 30	Sc 21	Ga 31	Ti 22	Ge 32	V 23	As 33	Cr 24	Se 34	Mn 25	Br 35	Fe 26 Co 27 Ni 28	Kr 36
5	6 7	Rb 37	Ag 47	Sr 38	Cd 48	Y 39	In 49	Zr 40	Sn 50	Nb 41	Sb 51	Mo 42	Te 52	Tc 43	I 53	Ru 44 Rh 45 Pd 46	Xe 54
6	8 9	Cs 55	Au 79	Ba 56	Hg 80	Rare Earth 57–71	Tl 81	Hf 72	Pb 82	Ta 73	Bi 83	W 74	Po 84	Re 75	At 85	Os 76 Ir 77 Pt 78	Rn 86
7	10	Fr 87		Ra 88		Ac 89		Th 90		Pa 91		U 92					

পর্যায় সারণী বা পিরিয়ডিক টেবল্‌-এর বর্ণনা

(Description of Periodic Table)

মৌলিক পদার্থগুলি ক্রম-উচ্চতর পারমাণবিক ওজন অনুযায়ী বিভিন্ন পর্যায়ে পংক্তিবদ্ধ করিয়া সাজাইলে যে চার্ট বা টেবল্‌ অর্থাৎ পদার্থের পর্যায় তালিকা রচিত হয় তাহাতে থাকে **সাতটি পর্যায়** বা **পিরিয়ড** (Period) এবং **নয়টি শ্রেণী** বা গ্রুপ (Group)। তালিকা বা টেবলে পাশাপাশিভাবে স্থাপিত মৌলিক পদার্থের পংক্তিকে বলা হয় **পর্যায়** বা **পিরিয়ড**। উপরে-নিচে লম্বাভাবে স্থাপিত মৌলিক পদার্থের সারণীকে বলা হয় শ্রেণী বা **গ্রুপ**।

মৌলের পর্যায়-তালিকা পর্যবেক্ষণে দেখা যায় যে হাইড্রোজেন ব্যতীত প্রতিটি পর্যায় বা পিরিয়ড সুরু হয় **অ্যালকালী** বা **ক্ষারীয়** ধাতু দ্বারা এবং শেষ হয় **ইনার্ট** বা **নিষ্ক্রিয়** মৌলে।

চার্ট বা তালিকার সাতটি পর্যায় অনুরূপভাবে বর্ণনা করা যায় :

পর্যায় বা পিরিয়ডের ক্রম	পর্যায় বা পিরিয়ডের পরিচয়	নির্দিষ্ট পর্যায়ে মৌলের সংখ্যা	প্রারম্ভিক ও প্রান্তিক মৌল
1	অতি ক্ষুদ্র পর্যায়	2	H ↔ He
2	ক্ষুদ্র পর্যায়	8	Li ↔ Ne
3	ক্ষুদ্র পর্যায়	8	Na ↔ A
4	দীর্ঘ পর্যায়	18	K ↔ Kr
5	দীর্ঘ পর্যায়	18	Rb ↔ Xe
6	অতি দীর্ঘ পর্যায়	32	Cs ↔ Rn
7	অসম্পূর্ণ পর্যায়	12	Fr ↔ Cf

দ্বিতীয় ও তৃতীয় পর্যায়ে যে কোন মৌলিক পদার্থ হইতে গণনা সুরু করিলে অষ্টম মৌল ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে প্রথম মৌলের অনুরূপ হইবে, চতুর্থ ও পঞ্চম পর্যায়ে অষ্টাদশ মৌলে প্রথম মৌলের ধর্মের পুনরাবর্তন ঘটিবে, ষষ্ঠ পর্যায়ে দ্বা-ত্রিংশতম মৌলে প্রথম মৌলের ধর্ম পুনরাবৃত্তি হইবে। যথা, দ্বিতীয়

ও তৃতীয় পর্যায়ে উদাহরণস্বরূপ লিথিয়াম, অষ্টম মৌল সোডিয়ামের এবং কার্বন পরবর্তী অষ্টম মৌল সিলিকনের সমধর্মী। অনুরূপভাবে চতুর্থ ও পঞ্চম পর্যায়ে উদাহরণস্বরূপ পটাসিয়াম আঠার সংখ্যক রুবিডিয়াম এবং ব্রোমিন পরবর্তী অষ্টাদশ মৌল আইয়োডিনের সমধর্মী।

দ্বিতীয় ও তৃতীয় পর্যায়কে বলা হয় **বিশিষ্ট মৌল** বা **টিপিক্যাল এলিমেণ্টের** পর্যায় (Periods of Typical elements) ; প্রকৃতিতে এরূপ মৌল প্রভূত পরিমাণে পাওয়া যায়। চতুর্থ ও পঞ্চম পর্যায় বা পিরিয়ড দুইটি করিয়া উপ-পংক্তি তথা জোর ও বেজোর পংক্তি (Even and odd Series) রূপে বিভক্ত। ষষ্ঠ পর্যায়ে বা পিবিয়ডে সিবিয়াম (58) হইতে লুটেসিয়ামকে (71) **বিরল মাটি** (Rare Earth Elements) বলা হয়। এরূপ **বিরল মাটি** মৌল প্রকৃতিতে খুব সামান্য পরিমাণে পাওয়া যায় এবং রাসায়নিক ধর্মে ইহারা পবস্পবে বিশেষভাবে সদৃশ বা সমধর্মী। 92 সংখ্যক মৌল ইয়ুবেনিয়ামের পরবর্তী সমস্ত মৌলগুলি কৃত্রিমভাবে প্রস্তুত করা সম্ভব। ইহারা তেজস্ক্রিয় ধর্মী বা বেডিও অ্যাকটিভ (Radio-active) এবং এরূপ মৌল-সারিকে বলা হয় **ইয়ুরেনিয়ামোত্তর মৌল** (Trans-Uranic Elements)। সপ্তম পর্যায়েব মৌলগুলি অসম্পূর্ণ অর্থাৎ এই পর্যায়ে আরও নতুন মৌল কৃত্রিমভাবে তৈবী করিয়া আবিষ্কাব করা সম্ভব।

মৌলের শ্রেণী বা গ্রুপের বর্ণনা (Description of Groups)

উপবে-নিচে স্থাপিত সাবি বা স্তম্ভ অনুযায়ী মৌলগুলি নয়টি গ্রুপে বা শ্রেণীতে বিভক্ত। একটি শ্রেণীকে শূন্য-শ্রেণী বা জিরো গ্রুপ (*Z*ero Group) বলা হয়। চতুর্থ, পঞ্চম ও ষষ্ঠ পর্যায়ভুক্ত মৌলগুলি আবার দুইটি করিয়া উপশ্রেণীতে (ক ও খ) (Suc-Group *a*—*b*) বিভক্ত। সুতরাং বলা যায় যে মোটামুটি 16টি সমধর্মী শ্রেণীতে মৌলিক পদার্থগুলি বিভক্ত। এক একটি শ্রেণী বা উপশ্রেণীর মৌলগুলি ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে মূলত সমধর্মী বা একরকম। প্রথম গ্রুপের ক-উপশ্রেণীব (*a*—Sub Gr.) মৌলগুলি তথা, **লিথিয়াম** হইতে আবম্ভ করিয়া **ফ্রান্সিয়াম** পর্যন্ত পদার্থগুলিকে **ক্ষারীয় মৌল** (alkaline) বলা হয়। ইহাদেব ধর্ম মূলত এক রকম। সপ্তম শ্রেণীর খ-উপশ্রেণীর (*b*—Sub Gr.) ফ্লোরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন, আইয়োডিন ইত্যাদি মৌলগুলি মূলত সমধর্মী এবং ইহাদের তাই **হ্যালোজেন** গ্রুপ-মৌল নামে অভিহিত করা হয়। **শূন্য গ্রুপের**

মৌলগুলির (Zero Gr.) কোন যোজন-ক্ষমতা নাই—তাই ইহারা কোন যৌগ গঠন করে না। এরূপ সমধর্মী মৌল শ্রেণীকে **নিষ্ক্রিয় মৌল** (Inert elements) নামে অভিহিত করা হয়। অষ্টম শ্রেণীতে এক পংক্তিতে তিনটি করিয়া মৌল অবস্থিত।

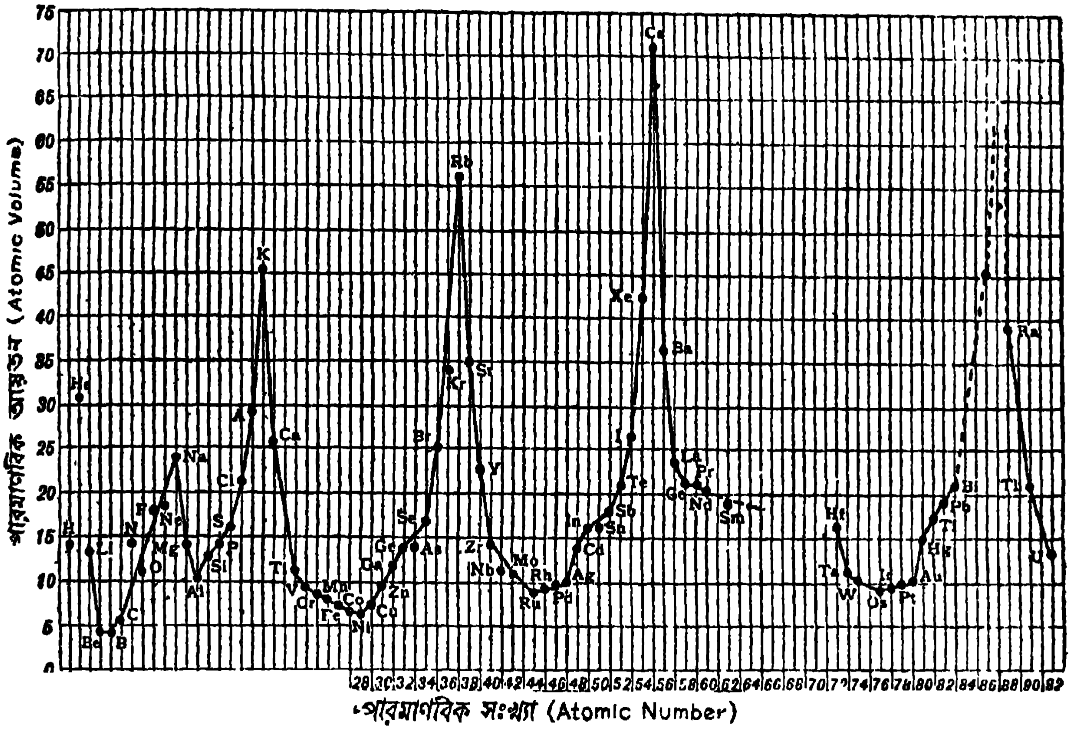
মৌল ধর্মের পর্যায়ক্রম

(Periodicity of Properties of Elements)

বিভিন্ন পর্যায়ভুক্ত মৌলগুলির ক্ষেত্রে পরপর অবস্থিত মৌলে মৌল-ধর্ম ক্রমে ক্রমে পরিবর্তিত হয়। শ্রেণীবদ্ধ মৌলের ক্ষেত্রে মৌলগুলি মূলত সমধর্মী হওয়া সত্ত্বেও ইহাদের ধর্মের মাত্রা ক্রমানুসারে পরিবর্তিত হয়। প্রথম গ্রুপ বা শ্রেণীতে **লিথিয়ামের** সঙ্গে জলের বিক্রিয়া ঘটে ধীরে ধীরে কিন্তু গ্রুপের নিম্নতম স্থানে অবস্থিত **ফ্রান্সিয়ামের** সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটে বিস্ফোরণের আকারে। সপ্তম গ্রুপ বা শ্রেণীতে সর্বোচ্চে স্থাপিত **ফ্লোরিন** স্বাভাবিক অবস্থায় গ্যাসীয় কিন্তু সর্বনিম্নে অবস্থিত মৌল **আইয়োডিন** কঠিন ও ভারী।

(1) **পারমাণবিক আয়তন** (Atomic volume): এক গ্রাম পরমাণু (Gr-atom) পরিমাণ মৌলিক পদার্থের আয়তনকে বলা হয় সেই মৌলের আয়তন (At. vol.)। অর্থাৎ কোন মৌলের পারমাণবিক ওজনকে সেই মৌলের ঘনত্ব দ্বারা ভাগ করিলে মৌলটির পারমাণবিক আয়তন স্থির করা যায়। পারমাণবিক ওজন ও পারমাণবিক আয়তনকে স্থানাঙ্ক (Co-ordinates) ধরিয়া গ্রাফ আঁকিলে সপ্তশীর্ষ ঢেউয়ের ন্যায় চিত্রাঙ্কন দেখিয়া পরিষ্কার বোঝা যায় কিভাবে বিভিন্ন মৌল পর্যায়ক্রমে তরঙ্গাকারে আবর্তিত হয় এবং এক শ্রেণীভুক্ত সমধর্মী মৌলগুলি কিভাবে চিত্র-তরঙ্গের সমস্থানে এবং সমান্তরালে অবস্থান করে। এই চিত্রে দেখা যায় যে হালকা মৌলগুলির স্থান তরঙ্গ শীর্ষে, পক্ষান্তরে ভারী মৌলের স্থান তরঙ্গের তলদেশে। অধাতু জাতীয় মৌলের স্থান তরঙ্গের ঊর্ধ্বমুখী রেখায়, পক্ষান্তরে ধাতু জাতীয় মৌলগুলির স্থান তরঙ্গে নিম্নমুখী রেখায়। এই পারমাণবিক আয়তনের গ্রাফের একটি তরঙ্গ-খণ্ড এক একটি পর্যায় বা পিরিয়ড নির্দেশ করে। জার্মান বিজ্ঞানী **লোথার মেয়ার** (Lother Meyer) মেণ্ডালিফের প্রায় একই সময়ে স্বাধীনভাবে এরূপ পারমাণবিক

আয়তনের চিত্রাঙ্কনের মাধ্যমে সমধর্মী মৌলের অনুবর্তন পদ্ধতি আবিষ্কার করেন



(vi) **যোজ্যতার পর্যায়ক্রম** (Periodicity of Valency): মেণ্ডালিফের শ্রেণী বা গ্রুপের সংখ্যা সেই শ্রেণীর মৌলের যোজ্যতা নির্দেশ করে। এক নং শ্রেণীর মৌলগুলির যোজ্যতা এক। যোজ্যতা পরপর প্রতি গ্রুপে বৃদ্ধি পাইয়া অষ্টম শ্রেণীর যোজ্যতা হয় আট এবং পরবর্তী শূন্য-শ্রেণীতে (Zero Group) মৌলগুলি যোজ্যতাহীন অর্থাৎ শূন্য যোজ্যতায় পরিণত হয়। আবার পরের পর্যায়ে যোজ্যতা একইভাবে এক হইতে আট পর্যন্ত অনুবর্তিত হয়। নিচে লিপিবদ্ধ ফ্লোরিন ও অক্সিজেন যৌগগুলি বিভিন্ন গ্রুপভুক্ত মৌলের যোজ্যতার পরিবর্তন এবং বিভিন্ন শ্রেণী বা গ্রুপ অনুযায়ী যোজ্যতা নির্দেশ করে। যথা:

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
NaF	CaF_2	BF_3	SiF_4	PF_5	SF_6	IF_7	OsF_8
Na_2O	CaO	B_2O_3	C_2O_4	P_2O_5	S_2O_6	Mn_2O_7	Os_2O_8

অবশ্য মৌলগুলির যোজ্যতা নির্ধারণে প্রধান যোজ্যতা (Important valency) ধরা হয় নাই,—S, Cl. Mn ইত্যাদির ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ (Maximum valency) যোজ্যতা এবং Cu, Ag ইত্যাদির ক্ষেত্রে সর্বনিম্ন (Minimum valency) যোজ্যতা ধরা হইয়াছে।

(iii) **তড়িৎ-রাসায়নিক ধর্মের পর্যায়ক্রম** (Electro-chemical periodic relation) : প্রতিটি পর্যায়ে তীব্র ইলেক্ট্রো-পজেটিভ বা পজেটিভ তড়িৎধর্মী ক্ষারীয় ধাতু দ্বারা পর্যায় সারণী সুরু হয় এবং শেষ হয় তীব্র নেগেটিভ ধর্মী বা ইলেকট্রো-নেগেটিভ হ্যালোজেন ধাতু দ্বারা। প্রথম শ্রেণী বা গ্রুপের মৌলগুলি তীব্র পজেটিভ ধর্মী বা ইলেকট্রো-পজেটিভ (Electro-positive)। পরবর্তী দ্বিতীয় ও তৃতীয় শ্রেণীতে মৌলের পজেটিভ তড়িৎ-ধর্ম ক্রমশ হ্রাস পায় এবং চতুর্থ শ্রেণী বা গ্রুপ হইতে মৌলগুলির মধ্যে মৃদু নেগেটিভ তড়িদ্‌ধর্ম বা ইলেকট্রো নেগেটিভ ধর্ম (Electro-negative) দেখা দেয় এবং পরবর্তী শ্রেণীর বা গ্রুপগুলিতে এই নেগেটিভ তড়িৎধর্ম ক্রমশ বৃদ্ধি পাইয়া হ্যালোজেন শ্রেণী বা সপ্তম শ্রেণীর মৌলগুলির মধ্যে তীব্রতম নেগেটিভ তড়িৎ-ধর্ম প্রকাশ পায়। বিভিন্ন মৌলের অক্সাইড গঠনের পদ্ধতি হইতেও মৌলের তড়িৎ-ধর্মের এরূপ ক্রমিক পরিবর্তন লক্ষ্য করা সম্ভব। যথা :

I	II	III	IV	V	VI	VII
Na_2O	CaO	Al_2O_3	C_2O_4 বা CO_4	P_2O_5	S_2O_6 বা SO_3	Cl_2O_7
তীব্র ক্ষারীয়	ক্ষারীয়	উভ-ধর্মী	মৃদু অ্যাসিড ধর্মী	সুস্পষ্ট অ্যাসিড ধর্মী	তীব্র অ্যাসিড ধর্মী	অতি তীব্র অ্যাসিড ধর্মী

পিরিয়ডিক টেবিলের ব্যবহার, উপযোগিতা বা গুণাবলী
(Uses, Merits or Utilities of Periodic Table)

(1) **মৌলের শ্রেণীভাগ** (Systematic classification of elements) : এরূপ পর্যায় সারণীর সাহায্যে সমধর্মী মৌলগুলি নয়টি সাধারণ এবং 16টি মোটামুটি বিশেষ সমধর্মী শ্রেণীতে বিভক্ত এবং সংঘবদ্ধ করিয়া রসায়ন বিজ্ঞান তথা মৌলিক পদার্থের ধর্মাবলীর অধ্যয়ন ও অনুধাবন সহজতর ও সুশৃঙ্খলিত করা সম্ভব হইয়াছে। ব্রোমিনের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম জানা সম্ভব হইলে তাহা দ্বারা সমধর্মী আইয়োডিনের ধর্মও নির্দেশ করা সম্ভব।

(ii) **পারমাণবিক ওজনের সংশোধন** (Correction of atomic weights): বেরিলিয়াম ও ইণ্ডিয়াম মৌলের ন্যায় কতকগুলি মৌলের নির্ভুল পারমাণবিক ওজন এই পর্যায় সারণীর সাহায্যে সংশোধন করা সম্ভব হইয়াছে। আগে ধারণা ছিল যে বেরিলিয়ামের পারমাণবিক ওজন 13·5 ; 13·5 পারমাণবিক ওজনের কোন মৌলের জন্য মেণ্ডালিফের টেবিলে শূন্য স্থান নাই। পরে সঠিক তুল্যাংক ও যোজ্যতা নির্ণয়ের ফলে দেখা যায় যে বেরিলিয়ামের যথার্থ পারমাণবিক ওজন 9 , [তুলাংক × যোজ্যতা = পারমাণবিক ওজন, তথা 4·5 × 2 = 9], অনুরূপভাবে ইণ্ডিয়ামের পারমাণবিক ওজন আগে ধরা হইয়াছিল 76 কিন্তু মেণ্ডালিফ তাহা সংশোধন করিয়া স্থির করেন 144.

(iii) **নতুন মৌলিক পদার্থের আবিষ্কার** (Discovery of new elements): মেণ্ডালিফের সময় ত্রিশটির অধিক প্রাকৃতিক মৌলিক পদার্থ অনাবিষ্কৃত ছিল। অধিকাংশ অনাবিষ্কৃত মৌলিক পদার্থের জন্য পর্যায় সারণীর টেবিলে বিজ্ঞানী মেণ্ডালিফ শূন্য স্থান রাখিয়া যান। এই শূন্য স্থানগুলি পর্যায় সারণীর কোন্ শ্রেণী বা গ্রুপে পড়ে তাহা লক্ষ্য করিয়া মেণ্ডালিফ কতগুলি অনাবিষ্কৃত মৌলের ভৌতিক ও রাসায়নিক ধর্ম আগেই নির্ধারিত করিয়া রাখেন। তিনি এরূপ মৌল তিনটির নাম দেন এক-বোরন, এক-অ্যালুমিনিয়াম এবং এক-সিলিকন। অর্থাৎ, আবিষ্কৃত হইলে দেখা যাইবে যে এই মৌলগুলি বোরন, অ্যালুমিনিয়াম ও সিলিকনের মত ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে একই রকম। [Eka-Boron, Eka-Aluminium, Eka-Silicon]। এই মৌলগুলি আবিষ্কারের পরে মেণ্ডালিফের ভবিষ্যদ্বাণী প্রায় হুবহু মিলিয়া। ইহাদের বর্তমান নাম যথাক্রমে স্ক্যাণ্ডিয়াম, গ্যালিয়াম ও জার্মেনিয়াম।

(iv) **পারমাণবিক গঠনের সংকেত** (Atomic Structure) : পর্যায় সারণী মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গঠনের প্রকৃতি অনুধাবনে সাহায্য করে।

পর্যায় সারণীর অসঙ্গতি বা অনুপযোগিতা

(Difficulties and Demerits)

(i) **পর্যায়ক্রমের অসঙ্গতি** : নিম্নতর হইতে উচ্চতর ওজনের মৌলগুলি পরপর পংক্তিবদ্ধভাবে সাজাইয়া পর্যায় সারণীর কাঠামো নির্মাণ করা হয়। কিন্তু দেখা যায় আরগন (39·944) ও পটাসিয়াম (39·10) ; কোবাল্ট (58·94) ও নিকেল (58·69) ; আইয়োডিন (126·91) ও থোরিয়াম (232·12)

ইত্যাদি কয়েক জোড় মৌলের ক্ষেত্রে নিম্নতর পারমাণবিক ওজনের মৌলকে উচ্চতর পারমাণবিক ওজনের মৌলের পরে স্থান দেওয়া হইয়াছে। ইহা পর্যায়-সারণীতে স্থাপিত মৌলের পারমাণবিক ক্রমানুসারে পরিপন্থী।

(ii) **হাইড্রোজেনের স্থান :** হাইড্রোজেনকে প্রথম শ্রেণীর ক্ষারীয় ধাতু অথবা সপ্তম শ্রেণীর হ্যালোজেনের সঙ্গে দুইভাগে স্থান দেওয়া যায়। কারণ, দুই শ্রেণীর মৌলের সঙ্গেই ইহার ধর্মে সাদৃশ্য আছে। তাই, এই চার্টে হাইড্রোজেনের সুনির্দিষ্ট স্থান নির্দেশ করা সম্ভব নয়। হাইড্রোজেন একযোজী, অধাতব মৌল হওয়া সত্ত্বেও ধাতুধর্মী ও ইলেকট্রো পজেটিভ, বিজারক দ্রব্য এবং স্থায়ী অক্সাইড (H_2O) গঠন করে বলিয়া ইহা ধর্মে প্রথম শ্রেণীর ক্ষারকীয় ধাতুর ন্যায়। হাইড্রোজেন আবার সপ্তম শ্রেণীর হ্যালোজেনের ন্যায় গ্যাসীয়, ইহার অণু দ্বি-পারমাণবিক (Cl_2, H_2), এবং ইহা একযোজী, অধাতু ও সম-সংখ্যক ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় ($CH_4 \rightarrow CCl_4$) কিন্তু হ্যালোজেনের ন্যায় জারকধর্মী বা ইলেকট্রো-নেগেটিভ নয়।

(iii) **বিরল-মাটি মৌলের স্থান :** চৌদ্দটি বিরল মাটি জাতীয় মৌলের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে বিশেষ সাদৃশ্য বর্তমান বলিয়া ইহাদের একত্রে পর্যায়-সারণীর একটি মাত্র ঘরে স্থান দেওয়া হইয়াছে। ইহা পর্যায় সারণীর মৌল-ক্রমের পরিপন্থী।

(iv) **সমধর্মী মৌলের ভিন্নশ্রেণীতে এবং ভিন্নধর্মী মৌলের সমশ্রেণীতে স্থান :** সোডিয়াম ও সোনা অথবা ক্লোরিন ও ম্যাঙ্গনীজ ভিন্নধর্মী হওয়া সত্ত্বেও ইহাদের একই শ্রেণীতে স্থান দেওয়া হইয়াছে। পক্ষান্তরে তামা ও পারদ সমধর্মী হওয়া সত্ত্বেও ইহারা ভিন্নশ্রেণীতে স্থান লাভ করিয়াছে।

(v) **এক শ্রেণীর একই পংক্তিতে তিনটি মৌল :** অষ্টম শ্রেণীতে একই পংক্তিতে তিনটি করিয়া মৌল (যথা : আয়রন, কোবল্ট ও নিকেল) স্থান লাভ করিয়াছে।

পর্যায় সারণীর আধুনিক ভিত্তি

(Modern basis of Periodic Table)

আগে ধারণা ছিল পারমাণবিক ওজন দ্বারা মৌলের প্রকৃতি-নির্ধারিত হয়। কিন্তু একই মৌলের একাধিক **আইসোটোপ** বা সমঘরের আবিষ্কারের পরে জানা যায় যে **একই মৌলের বিভিন্ন পারমাণবিক ওজন** হইতে পারে।

[যথা : হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন : H=1, 2, 3]। পারমাণবিক সংগঠনের রহস্য নির্ধারণের পরে জানা যায় যে **পারমাণবিক সংখ্যা বা নিউক্লিয়ার চার্জ** (Atomic number or Nuclear charge) দ্বারা মৌলের যথার্থ প্রকৃতি নির্ধারিত হয়। অর্থাৎ, **পারমাণবিক ওজন নয়, মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা মৌলের মৌলিকতা নির্দেশ করে।** সুতরাং আধুনিক **পর্যায় সূত্র** বা **পিরিয়ডিক ল** পারমাণবিক সংখ্যা অনুযায়ী পুনর্লিখিত হইয়াছে এবং পর্যায় সারণী **পারমাণবিক সংখ্যানুযায়ী** ক্রমবদ্ধ করিয়া সংখ্যানুযায়ী আধুনিক পর্যায় সূত্র হইবে অনুরূপ :

বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের ভৌতিক ও রাসায়নিক ধর্মাবলী পর্যায়ক্রমে ইহাদের অ্যাটোমিক নাম্বার বা পারমাণবিক সংখ্যা অনুযায়ী পুনরাবৃত্ত হয়।

আধুনিক পর্যায় সারণী বা পিরিয়ডিক চার্ট পারমাণবিক সংখ্যা (At. No.) অনুযায়ী রচিত হইবার ফলে মেণ্ডালিফের চার্টের অনেক ত্রুটি সংশোধন করা সম্ভব হইয়াছে।

(i) পারমাণবিক সংখ্যা ও চার্টে অবস্থিত মৌলের অবস্থানের ঘর সংখ্যা এক হওয়ায় এক সংখ্যার হাইড্রোজেন হইতে সুরু করিয়া এক এক করিয়া পর পর বাড়িয়া 92 সংখ্যক ঘরে 92 পারমাণবিক সংখ্যার (At. No.) ইয়ুরেনিয়ামের স্থান হইবে।

(ii) পারমাণবিক সংখ্যানুযায়ী রচিত পর্যায় সারণীতে হাইড্রোজেনের যথার্থ স্থান নির্ণয় করা সম্ভব। হাইড্রোজেনের স্থান হইবে এক নম্বর ঘরে।

(iii) পারমাণবিক সংখ্যানুযায়ী রচিত পর্যায় সারণীতে আরগন ও পটাসিয়াম, কোবল্ট নিকেল ইত্যাদি চারটি জোটের ক্রম নির্ণয়ের অসঙ্গতি থাকে না। আরগন ও কোবল্টের পারমাণবিক সংখ্যা যথাক্রমে পটাসিয়াম ও নিকেল হইতে এক সংখ্যা করিয়া কম বলিয়া ইহারা পটাসিয়াম ও কোবল্টের পূর্বে বসে।

(iv) বিরল-মাটির 14টি মৌলের জন্য এক একটি সুনির্দিষ্ট পারমাণবিক সংখ্যা অনুযায়ী পর্যায় সারণীতে বিভিন্ন স্থান নির্দেশ করা সম্ভব।

W. B. BOARD OF SECONDARY EDUCATION

HIGHER SECONDARY EXAM. QUESTIONS

1960 : CHEMISTRY—First Paper

Group A

1. What do you understand by the terms :

Atom, molecule, symbol and formula ?

What does a chemical equation indicate ? Illustrate with reference to the equation $N_2+3H_2=2NH_3$. What does not this equation state about the chemical reaction involved ?

2 State the law of conservation of mass. How would you verify it experimentally ? How do you explain the loss in weight of a candle on burning in open air ?

3 State Avogadro's hypothesis :

One volume of hydrogen combines with one volume of chlorine to form two volumes of hydrochloric acid gas (the volumes are measured under the same conditions of temperature and pressure) Deduce the formula of hydrochloric acid gas from this observation, given that molecules of hydrogen and of chlorine are diatomic

Prove that molecular weight of a gas or vapour is twice its vapour density

4 Write short notes on—(a) Water of crystallisation (b) Catalysis, and (c) Super-saturated solution Give examples.

5 Calculate the weight of potassium chlorate which on heating will liberate 3·04 litres of oxygen at 27°C and 750 *mm.* pressure. (At. wt. of K=39, and of Cl=35 5).

Group B

6 (a) What do you understand by 'oxidation' and 'reduction' ? Give examples.

(b) What is 'nascent state' ? How would you prove that nascent hydrogen is a stronger reducing agent than ordinary hydrogen ?

7. How is hydrogen peroxide prepared ? State its important properties and uses.

What happens when a dilute aqueous solution of hydrogen peroxide is evaporated on a water-bath ?

8 State, giving equations, what happens when :

(a) Lead nitrate is strongly heated, (b) Sodium nitrate is heated with concentrated sulphuric acid, (c) Moderately dilute nitric acid is added to copper turnings, and (d) ammonium nitrate is heated.

Mention in each case the colour of the gas or vapour evolved and also of the residue, if any.

9. How is ammonia prepared in the laboratory ? How is the gas dried and collected ? Sketch the apparatus used. State its principal properties and uses.

10. Describe briefly how the following substances are prepared : (*a*) Orthophosphoric acid from bone ash, (*b*) Red phosphorus from white phosphorus (*c*) Hydrochloric acid from sodium chloride, and (*d*) Chlorine from concentrated hydrochloric acid

State the important physical and chemical properties of chlorine.

1960 : CHEMISTRY—SECOND PAPER (*Group A*)

1. (a) What is meant by equivalent weight of an element ? How is it related to its atomic weight ?

(b) 2 0 gms of lead were completely converted into its oxide, which weighed 2 1544 gms. What is the equivalent weight of lead ?

2. What is a normal solution ?

Calculate the volume of decinormal sulphuric acid required to neutralise 500 c c. of a solution containing 2 5 gms. of caustic soda per litre (At. wt. of $Na=23$). Give the ionic explanation of what happens during neutralisation.

3. Write a short para on each of the following :

(a) Structure of an atom. (b) Electrovalency and covalency, (c) Destructive distillation

4. Define the terms : 'electrolyte,' 'anions' and 'cations.' Give examples.

State Faraday's laws of electrolysis. Deduce from these laws : (*a*) definition of electro-chemical equivalent and (*b*) relationship between chemical equivalent and electro-chemical equivalent.

5. How is sulphur dioxide prepared in the laboratory ? State its principal physical and chemical properties. Explain its bleaching action.

Group B

6. Describe the laboratory method of preparation, purification and collection of carbon monoxide. Compare its properties with those of carbon dioxide. State two of its uses.

7. Describe any method of preparing methyl alcohol. How is it converted into formaldehyde ? Give their structural formulæ. What do you understand by 'methylated spirit' and 'formalin' ?

8 How is aluminium extracted from bauxite ? State three of its chemical properties and two of its industrial uses. What is "Thermit" process ?

9. Describe the reactions involved in the different stages of extraction of copper from copper pyrites. How is the metal refined ? State two of the principal uses of the metal.

10. Name the raw materials used in the blast furnace for extraction of pig iron. Give a brief description of the reactions and explain them with the help of simple equations.

State very briefly the principle of preparation of steel from pig iron. (Description of any of the processes is not required).

What is rust ? Mention two methods for rust-prevention.

1960 : CHEMISTRY (Compartmental)

Group A (ANSWER any *three* questions)

1. Explain what is meant by "water of crystallisation. Give examples, with formulæ, of two compounds with water of crystallisation. What happens when blue crystals of copper sulphate are slowly heated ?

What do you mean by "efflorescence" and "deliquescence" ? Mention one illustrative compound in each case.'

2. State the laws of "definite proportion" and "multiple proportions". Illustrate with suitable examples.

Give one important reason to explain why air is not regarded as a chemical compound of nitrogen and oxygen.

3. Write short notes on : (*a*) colloidal solution , (*b*) atom : and (*c*) distillation. Give examples where necessary.

4. Define "solubility.' How would you determine the solubility of sodium chloride at room temperature ? What do you mean by "solubility curves" ? State their utility.

5. Calculate the weight of calcium carbonate which when completely dissolved in hydrochloric acid will liberate 3 litres of carbon dioxide at 0°C and 750 mm. pressure. [At. wts. Ca=40, C=12].

Group B (Answer any *three* questions)

6. How is hydrochloric acid gas prepared and collected in the laboratory ? Give a neat sketch of the apparatus. Give equation for the reaction. Describe one or more experiments to illustrate its high solubility in water and its acidic property.

What happens when the gas is passed into a dilute solution of silver nitrate ?

7. Describe the method of preparation of nitric acid from potassium nitrate in the laboratory. Give equation for the reaction. What happens when concentrated nitric acid is dropped on strongly heated pumice stone ?

Describe briefly two experiments to demonstrate that nitric acid is an oxidising agent.

8. What are oxides ? How would you classify them ? Give one example of each class of oxide stating the basis of its classification as such.

9. State, giving equations, what happens when—

(a) a mixture of solutions of sodium nitrate and ammonium chloride is heated, (b) steam is passed through a red hot iron tube loosely packed with iron turning ; (c) hydrogen is passed over heated copper oxide, and (d) carbon dioxide is passed for a long time through lime water

Describe the visible changes accompanying the reaction in each case.

10. Describe briefly, giving equations, the methods of preparation of the following :—

(a) a solution of hydrofluoric acid, (b) iodine from potassium iodide ; (c) nitrous oxide, and (d) chloride from sodium chloride. State one use of each product.

1960 : CHEMISTRY (Compartmental)—SECOND PAPER

Group A (Answer any *three* questions)

1. (a) 0 6842 gm of copper was dissolved in nitric acid and the solution was carefully evaporated to dryness When the solid residue was strongly heated, 0 8567 gm. of cupric oxide was produced. Calculate the equivalent weight of copper.

(b) 1 0813 gms of iron gave 3 1439 gms. of ferric chloride. Calculate the equivalent weight of iron in this compound. [Equivalent weight of chlorine = 35 5]

The atomic weight of iron is 55·84, find the valency of iron in ferric chloride.

2. Describe the *principle* of manufacture of sulphuric acid by the Chamber or the Contact Process. (Description or sketch of plants is *not* required) Give necessary equations

How would you experimentally show that sulphuric acid is a dehydrating agent ?

Write the general formula of "alum". What is common alum ?

3 Give a neat sketch of the Kipp's apparatus and describe how it is used for the preparation of hydrogen sulphide

Explain the use of the gas as an analytical reagent.

4. Write short notes on the following :—

(a) acids, bases and salts ; (b) acid salt and basic salt, (c) hydrolysis (Illustrate with suitable examples)

5. Give two physical and three chemical differences between metals and non-metals. Which of these is most decisive ? Illustrate with examples

Group B (Answer any *three* questions)

6. Describe the chemical reactions involved in the extraction of lead from galena. State four of its properties and two uses. How are litharge and red lead prepared ? Describe giving equations the action of nitric acid on these compounds.

7. How is Zinc prepared from Zinc blende ? State four of its chemical properties and name two of its alloys. What do you mean by galvanised iron ? How is it obtained ?

8. Describe the chemical reactions by which sodium chloride is converted into sodium carbonate by Solvay's Process.

What happens when a solution of sodium chloride is electrolysed ? State the use of the products obtained. What will happen if the products are mixed up in the cold ?

9. Write short notes on :—(*a*) saturated and unsaturated compounds, and (*b*) homologous series.

Illustrate your answer with the help of structural formulæ of compounds known to you.

10 How is ethyl alcohol prepared from glucose ? Give its structural formula How would you prove the presence of a hydroxyl group in it ? What happens when ethyl alcohol is oxidised ?

1961 : CHEMISTRY—FIRST PAPER

Group A (Answer any *three* questions)

1. Explain the following terms with reference to one example : solution, solvent, solute.

Starting from a dilute solution of sodium chloride in water, how would you prepare (*a*) pure water, and (*b*) pure crystals of sodium chloride ? Give experimental details

2. Describe *one* experiment in *each* case to prove that .

(*i*) air contains oxygen , (*ii*) it is a mixture and not a compound of oxygen and nitrogen. , and (*iii*) oxygen and nitrogen are present in air in the ratio of approximately 1 : 4 by volume.

3. State Dalton's 'Atomic Theory' and indicate its utility. Explain what you understand by 'atomic weight' of an element.

4. Write short notes on any *three* of the following :—

(*a*) acidic oxide and basic oxide , (*b*) hard water and soft water , (*c*) Gay-Lussac's law of gaseous volumes , and (*d*) solubility curves.

5 Calculate the weight of zinc which when dissolved in excess of dilute sulphuric acid will liberate 0·57 litre of hydrogen at 27°C and 750 mm. pressure. How much $ZnSO_4$ will be produced ? [At. wts, Zn=65·38. S=32]

Group B (Answer any *three questions*)

6 When mercuric oxide is strongly heated in a hard glass tube a gas is evolved , what is the name of the gas ? Describe the laboratory method of preparation of the gas from potassium chlorate and explain why it is mixed with manganese dioxide. Describe *four* experiments to demonstrate that the gas supports combustion and acts as an oxidising agent in each case. Give equations.

7. How is hydrochloric acid gas prepared in the laboratory ? Describe experiments to illustrate ; (*a*) it is very soluble in water and is acid to litmus ; (*b*) its reaction with ammonia gas and (*c*) with silver nitrate solution.

What happens when concentrated hydrochloric acid is electrolysed ?

8. (*a*) Describe two purely chemical reactions by which hydrogen may be obtained from water. Give equations.

(*b*) Describe an experiment to show that water is produced when hydrogen reduces an oxide of a metal

9. How is white phosphorus obtained from a mineral containing calcium phosphate ?

Starting with white phosphorus, how would you prepare (*a*) red phosphorus, (*b*) phosphorus pentoxide and (*c*) orthophosphoric acid ?

10. A colourless crystalline compound has the following percentage composition , sulphur 24 24 per cent, nitrogen 21 21 per cent , hydrogen 6·06 per cent , the rest is oxygen. Determine the emperical formula of the compound Give the name of the compound if the molecular formula be the same as the empirical formula and if it is found to be a sulphate.

What will happen if the compound is heated with a concentrated solution of sodium hydroxide ? Give equation

[At. wts S=32 N=14]

1961 : CHEMISTRY—SECOND PAPER

Group A (Answer any *three* questions)

1. Describe an experiment for the determination of equivalent weight of zinc by displacement of hydrogen from an acid Indicate the method of calculation from experimental data

2. (*a*) How would you prepare a decinormal solution of sodium carbonate ?

(*b*) 25 *ml* of 1·12N/10 sodium hydroxide require 24·0 *ml* of a solution of sulphuric acid for complete neutralisation. Calculate the strength of the acid in terms of normality and grams per litre.

[1 *ml* may be taken as equal to 1 c. c] [At wt. S=32]

Explain the raction with the help of an equation mentioning the ions which disappear during neutralistion

3. Write short notes on protons, electrons and neutrons. Give the electronic explanation of the formation of the molecules of sodium flouride and flourine. Mention the type of valency exhibited in each case. [Atomic number , Na=11, F=9]

4. How is carbon dioxide prepared in the laboratory ? Give equation for the reaction. State *four* important properties and two uses of the gas.

How would you convert sodium carbonate into sodium bicarbonate and *vice versa ?*

5. How is sulphuric acid prepared by the lead-chamber process ? Explain the chemical reactions involved. (Description *or* sketch of the commercial plant is not required).

State the properties and uses of the acid.

Group (Answer any *three* questions)

6. Describe the chemical reactions which occur in the process of manufacture of zinc form zinc blende. State its chemical properties and two of its uses. Name two alloys of zinc and mention what other metals they contain.

7. Give a neat sketch of the blast furnace used in the extraction of iron, and describe how the process is carried out. Why is limestone added ? Give equations for the reactions which take place in the blast furnace.

8. How are the following compounds prepared :—crystalline copper sulphate, anhydrous aluminium chloride, litharge and red lead ? Give the formulæ of these compounds.

What is the action of water on anhydrous aluminium chloride and of dilute nitric acid on red lead ? Give equations for the reactions.

9. How is methyl alcohol obtained from products of distillation of wood ? Give its structural formula. What happens when the alcohol is acted upon by the following substances :

(a) phosphorus pentachloride, *(b)* concentrated sulphuric acid and *(c)* oxidising agents.

10. How is acetylene prepared ? State two of its uses. Mention two reactions which show that it is an unsaturated compound. Give equations with structural formulæ of the compounds. State two other properties of acetylene.

1961 : CHEMISTRY (Compartmental)—FIRST PAPER

Group A (Answer any *three* questions)

1. Copper sulphate is soluble in water. Describe in detail the laboratory process by which you obtain pure crystals of the compound from impure copper sulphate containing sand and other insoluble matters. How would you remove any soluble impurity if present ?

2. Describe with a sketch of the apparatus, how would you carry out the experiment and collect the products when electric current is passed through water acidulated with dilute sulphuric acid. How would you identify the products obtained ?

Under what condition will they recombine to produce water again ?

3. State Avogadro's law and show how it has been utilized for the determination of atomic weight of an element.

4. What do you understand by (*a*) efflorescence, (*b*) deliquescence ? Give one example in each case. How would you determine the percentage amount of water of crystallisation in alum ? Give experimental detail.

5. Write notes on any *two* :—(*a*) colloidal solution, (*b*) catalysis, (*c*) nitrogen cycle, (*d*) nascent hydrogen.

Group B (Answer any *three* questions)

6. Describe one method of preparing bromine in the laboratory. Give equation. State four of its properties and compare them with the corresponding properties of chlorine and iodine.

7 What do you understand by allotropy ? Describe the methods of preparation of two important allotropic forms of phosphorus. State their properties Give reasons for considering phosphorus as a chemical analogue of nitrogen.

8 State what happens and what visible changes take place when (answer any *four*) :—(a) sodium fluoride is heated with concentrated sulphuric acid in a lead vessel, (*b*) chlorine is inverted over a jar of ammonia gas, (*c*) potassium nitrate is heated with concentrated sulphuric acid, (*d*) a mixture of ammonia and air is passed over heated platinum catalyst, (*e*) concentrated nitric acid is boiled with powdered sulphur. Give equations

9 How is hydrogen peroxide prepared ? State two of its uses Describe with equations, two reactions in each case to show that (*i*) hydrogen peroxide is an oxidising agent ; (*ii*) it behaves as a reducing agent. What happens when it is heated ?

10. (*a*) A current of hydrogen is passed over cupric oxide heated in a bulb tube Calculate the volume of hydrogen at N. T. P required for the reduction of 0.8 gm. of the oxide

[At. wt. Cu=63.57]

(*b*) A colourless crystalline compound on analysis was found to contain 44.8 per cent. of potassium, and 18.4 per cent of sulphur The rest was oxygen. What is empirical formula of the compound ?

1961 : CHEMISTRY (Compartmental)—Second Paper

Group A (Answer any *three* questions)

1. Starting with pure metallic copper describe how you would determine equivalent weight of the metal. Indicate the method of calculation from experimental data.

2. Define 'Normal solution'. Give an example.

30 *ml* of solution of sulphuric acid neutralise 25 *ml* of a solution of sodium carbonate containing 6.0 gms of the anhydrous substances per litre Calculate the strength of the acid in terms of normality and grams per litre. (At. wts. Na=23, C=12, S=32) [1 *ml* may be taken as equal to 1 c c.]

3. Give a brief account of the structure of atoms, State and illustrate what you understand by 'electrovalency' and 'covalency.'

4. State, giving equations, what happens when : (*a*) calcium carbonate is strongly heated ; (*b*) carbon dioxide is passed through a concentrated solution of sodium carbonate ; (*c*) carbon dioxide is passed through a layer of red-hot carbon , (*d*) burning magnesium ribbon is introduced into a jar of carbon dioxide

Mention in each case the colour and the state (solid, liquid or solution, gaseous) of the products of the reaction and describe the visible change in (*d*).

5 How is sulphur dioxide prepared in the laboratroy ? Briefly describe experiments to illustrate four important chemical properties of the gas How is it oxidised to sulphur trioxide ?

GROUP B (Answer any *three* questions)

6. Write what you know about any *three* .—

(*a*) Plaster of Paris , (*b*) Galvanising , (*c*) Thermit process , (*d*) Alum

7 How is copper extracted from copper pyrites ? Give equation for the chemical reactions involved. How is chemically pure copper obtained ? What happens when copper is treated with moderately dilute nitric acid ?

8 Describe (without giving details about commercial plants) one method in each case by which calcium and magnesium are obtained State the chemical properties of the metals.

9. What is distillation ?

Give an account of the manufacture of coal gas by destructive distillation of coal. How is the gas purified from sulphuretted hydrogen ? Name the by-products

10. How is methane prepared in the laboratory ? Give equations for the reaction, State its properties How would you establish that it is a saturated compound ?

1962 . CHEMISTRY—FIRST PAPER (GROUP A)

1. (*a*) Explain what is meant by *water of crystallisation.* 0·1 gm, of crystalline substance gave out, on heating, 0·0512 gms. of water and become anhydrous. Given that the molecular weight of the crystalline substance is 246, calculate the number of molecules of water of crystallisation in the compound

(*b*) What weight of copper must be boiled with concentrated sulphuric acid to give 50 c c of sulphur dioxide at 27°C and 750 *mm.* ? [Cu. = 63·5]

2. Explain any *four* of the terms :—

(*a*) saturated solution ; (*b*) solubility ; (*c*) sublimation ; (*d*) chemical compound , (*e*) gram molecule and gram molecular weight , (*f*) electro-chemical equivalent.

Give one illustrative example in each case.

3. State the law of conservation of mass.

Describe one experiment each to show that the law holds good for . (*a*) rusting of iron , (*b*) burning of charcoal (*c*) sublimation of camphor.

4. What is chemical equation ?

State all that is implied in the equation $2H_2 + O_2 = 2H_2O$ and give experimental evidence for each part of your statement.

GROUP B

5. BaO_2 is called barium peroxide, but MnO_2 is called manganese dioxide , why ?

Describe how a dilute aqueous solution of hydrogen peroxide may be prepared in the laboratory. How would you show that hydrogen peroxide (*a*) is an oxidising agent (give *two* reactions with equations), (*b*) decomposes into oxygen.

6. Give the names and formulæ of two *gases* which possess bleaching properties, and account for their bleaching action.

Describe the preparation and collection of one of these gases in the laboratory, and give two examples (with equations) of its oxidising or reducing property, as the case may be

7 Describe how ammonia is prepared, dried and collected in the laboratory. Describe one experiment each to show its (*a*) high solubility in water, (*b*) basic character, and (*c*) inflammability.

State the condition in which it can be oxidised to nitric oxide or nitric acid

8 What are (*a*) bone black , (*b*) bone ash.

Starting from bone ash describe how yow would prepare (*a*) orthophosphoric acid, (*b*) white phosphorus.

What is superphosphate of lime and what is its use ?

9. Describe the commercial preparation of carbon dioxide, giving a labelled sketch of the kiln.

State, giving equations what happens when carbon dioxide is passed through (*a*) lime water ; (*b*) solution of common salt saturated with ammonia. Write a short note on carbon cycle.

How is hydrochloric acid manufactured ?

Describe its action on : (*a*) iron, (*b*) ferric oxide, (*c*) manganese dioxide, (*d*) silver nitrate solution State the conditions in which the reactions take place and the visible changes that may be observed. Give equations.

1962 : CHEMISTRY—SECOND PAPER (GROUP A)

1. Define the equivalent of an element and describe an experiment for determining the equivalent of *either* oxygen *or* carbon.

2. In the light of the Ionic theory :

(*a*) Define the terms *acid* and *acid salt.*

(*b*) Show what happens when a strong acid is neutralised with strong base.

(*c*) Explain the process of electrolysis of dilute sulphuric acid.

3. What do you understand by destructive distillation ? How does this process differ from ordinary distillation ?

Name the important products of destructive distillation of wood. From the aqueous byproduct how can you prepare two important organic compounds ? Mention *two uses* of each of these compounds.

4. State the characteristic properties of the alcoholic hydroxyl group with reference to the action of (*a*) sodium, (*b*) sulphuric acid, (*c*) acetic acid, (*d*) oxidising agents.

Give equation in the cases of a typical compound of this group

5 What is an ester ? Describe the preparation of a typical ester. What happens when this ester is boiled with caustic soda solution ? Oils are esters ; what products are obtained when they are hydrolysed with caustic alkali ?

GROUP B—(Answer any *three* questions)

9 Tabulate *five* of the essential difference between metals and non-metals.

Tin has some characteristics of non-metal, while graphite has some of those of a metal , why then is tin classified as a metal and graphite as a non-metal ?

7. Write short notes on :—(*a*) Thermit , (*b*) Rusting of iron , (*c*) Galvanizing , (*d*) Tin plating ?

8. Describe briefly the preparation of any *two* of the following :—(*a*) Alumina ; (*b*) Steel , (*c*) Glass.

9. Describe the chemical reactions which are involved in the extraction of zinc from zinc blende, and lead from galena. (Concentration of the ores and purification of the metals are *not* required).

Describe the preparation, properties and uses of two of the oxides of lead.

10. (*a*) 25 c.c. of a 0 08 N sodium hydroxide gets mixed with 20 c. c. of a 0·09N sodium carbonate solution. What is the normality of the resulting alkali solution ?

(*b*) 20 c.c. of this mixed alkali neutralise 50 c c. of a sulphuric acid solution. Calculate the strength (in normality) of the acid.

1962 : CHEMISTRY (Comp.)—FIRST PAPER (GROUP A)

1 (*a*) 1·0 gm of a compound contains 0·262 gms of nitrogen, 0·075 gms. of hydrogen and 0·663 gms. of chlorine. Find its simplest formula [Cl = 35·5]

(*b*) Calculate the quantity of the above substance from which you can get one litre of ammonia gas at 27°C and 760 mm

2. Explain *any four* of the terms :—

(*a*) Oxidation, (*b*) Chemical change, (*c*) Colloidal solution, (*d*) Allotropy, (*e*) Efflorescence, (*f*) Thermal dissociation.

3 State the laws governing the weights of substances which combine chemically.

A metal forms two oxides in which the percentages of the metal are 79·8 and 88·8 respectively. Show that the results agree with the law of Multiple proportion

4 How would you separate the ingredients of—

(*a*) a mixture of two liquids having boiling points of 78·5°C and 100°C respectively,

(*b*) a mixture of potassium chloride and chalk ?

GROUP B

5. How may oxygen be prepared from : (*a*) Air (*b*) Water, (*c*) Potassium chlorate ?

Describe one method of preparation in detail

Describe experiments to show how oxygen may form

(*a*) An acidic oxide, (*b*) An alkaline oxide, (*c*) An insoluble basic oxide

Name two other classes of oxide and give an example of each class

Describe the laboratory method of preparation of nitric acid Mention two reactions illustrating the oxidising action of the acid Give equations

State, giving equations, what happens and what visible changes take place when (*a*) lead nitrate (*b*) ammonium nitrate and (*c*) sodium nitrate are heated separately How would you isolate and identify each of the gaseous products ?

7. Make a neat sketch of Kipp's apparatus Name two gases that may be prepared in this apparatus Explain how it gives a ready supply of these gases free from air What are the materials used for the preparation of sulphuretted hydrogen in this apparatus ? Write a short note on the use of H_2S as an analytical agent

8. Stating from sodium chloride, describe how chlorine is prepared in the laboratory Give equation. How is the gas collected ? How and under what condition, does chlorine react with (*a*) ammonia, (*b*) potassium bromide, (*c*) moist slaked lime ; (*d*) iron ? Give equations.

2. Name two elements which exist in allotropic forms and state what these forms are.

Describe the preparation of the two allotropes of one of these elements and mention some of the distinguishing properties of the two allotropic forms. How can you show that these are two forms of the same element ?

10. Describe the preparation of carbon monoxide in the laboratory. How can the gas be distinguished from (*a*) carbon dioxide , (*b*) hydrogen ?

How can you obtain specimens of carbon dioxide and carbon monoxide, each free from the other, from a mixture of the two gases ?

1962 : CHEMISTRY (Comp.)—SECOND PAPER (GROUP A)

1. State and illustrate Faraday's Laws of electrolysis. Deduce from those laws (*a*) the definition of electro-chemical equivalent and (*b*) the relationship between electro-chemical and chemical equivalent.

2. An atom of an element contains 11 protons and 12 neutrons in its nucleus What is its (*a*) atomic weight , (*b*) atomic number ? How many electrons does the atom contain and how are these electrons arranged in the atom ?

Show how this atom may combine chemically with an atom of fluorine (At. no =9)

3. How is ethylene prepared in the laboratory ? What is its structural formula ?

Give structural formulae of the compounds it forms with (*a*) hydrogen , (*b*) concentrated sulphuric acid, (*c*) Potassium permanganate solution.

Give one test each by which it may be distinguished from (*a*) methane , (*b*) acetylene.

4. Describe the preparation of ethyl alcohol from glucose. Give its structural formula. Describe (with equations) four of its chemical reactions, and mention two of its uses.

5 What is producer gas ? Give reasons to show that coal gas is not a producer gas.

Give examples of two forms of producer gas and state the chemical reactions involved in their preparation. Why may they be used as fuels ?

GROUP B

6 State the action of (*a*) air or oxygen, (*b*) water (*c*) dilute sulphuric acid on the metals—sodium, copper, magnesium and iron.

What happens when (*a*) zinc reacts with caustic soda solution ; (*b*) iron filings are added to a solution of copper sulphate ?

7. Describe the preparation, properties and uses of any *three* of the following :—(*a*) Plaster of Paris, (*b*) Lime, (*c*) Ferric oxide, (*d*) Crystalline copper sulphate.

8. Describe how caustic soda may be prepared from sodium carbonate. Do you know of any other methods for its preparation? (Details of the later process are not required).

Write chemical equations to represent the reaction between caustic soda and any *three* of the following :—

(*a*) Ammonium chloride. (*b*) Ferric chloride. (*c*) Aluminium sulphate. (*d*) Carbon dioxide. (*e*) Chlorine. Name the products obtained in each case.

9. Describe how aluminium is extracted from bauxite. State four of its properties. What is thermit and what are its uses ? State two other uses of aluminium.

10. What do you understand by the *factor* of a standard solution ?

A solution contains 0·4910 gms. caustic soda in 125 c c , What is the *factor* of the solution if the strength be expressed as (*a*) N solution , (*b*) $\frac{N}{10}$ solution ? (Na=23)

How many c. c. of a $\frac{N}{5}$ solution of an acid will be required to neutralise 25 c c of the above solution of caustic soda ?

1963 : CHEMISTRY—FIRST PAPER (GROUP A)

1. Write short notes on any *four* of the following :—

(*a*) Oxidation and reduction (*b*) Colloidal solution (*c*) Distillation. (*d*) Catalysis. (*e*) Gram atom.

2. State the Law of definite proportion.

Given that (*a*) 0·12 gm. of a metal gives 0·20 gm. of oxide when heated in air , its carbonate and nitrate contain 28 5% and 16 2% *of the metal* respectively,—apply the Law to calculate what weight of the oxide will be obtained by heating 1·00 gram each of the carbonate and the nitrate.

3. Describe briefly Lavoisier's bell-jar experiment on the composition of air and show how his experiment proved conclusively that air contains one fifth by volume of oxygen.

4. Oxygen obtained by heating 12 25 gms. of potassium chlorate is passed over 5·00 gms of pure, dry and heated carbon. A part of the carbon burns to carbon dioxide. What is the volume of this CO_2 formed at 27°C and 75 cm., and what is the weight of residual carbon ? [K=39, Cl=34·5, O=16].

GROUP B

5. How, and under what conditions, does water react with (*a*) sodium ; (*b*) iron ; (*c*) phosphorus pentoxide ; (*d*) sodium peroxide ; (*e*) chlorine ; (*f*) carbon ? Give equations.

6. What are the conditions in which ammonia may be manufactured from its elements ? (Reasons for these conditions are *not* required)

Describe experiments to illustrate that ammonia (*a*) is highly soluble in water and the solution is alkaline to litmus ; (*b*) may be burnt in excess of oxygen.

7. Describe one process for the manufacture for chlorine. State, giving equations the action of chlorine on (*a*) ammonia ; (*b*) moist slaked lime , (*c*) potassium iodide , (*d*) antimony powder *or* sodium.

8. Write short notes on :—(*a*) The use of H_2S as an analytical reagent. (*b*) Law of Conservation of Mass.

9. Describe the preparation of carbon monoxide in the laboratory. Compare its properties with those of carbon dioxide. How could a gas jar containing carbon monoxide be distinguished from a gas jar containing hydrogen ?

10. Describe an experiment by which the composition by weight of carbon dioxide may be determined.

In one such experiment it was found that 0 66 gm. of carbon dioxide was obtained from 0·18 gm. of carbon. From this result show how the formula of the gas may be deduced.

1963 : CHEMISTRY—SECOND PAPER (GROUP A)

1. Explain the difference between equivalent weight and atomic weight of an element. Under what condition have they the same value ? Give two illustrations.

Experimental data :

First weight of the weighing bottle+metal . . 12·9580 gm.

Second weight, after taking out a portion of the metal ... 12·9070 gm

Total volume of hydrogen evolved by dissolving the metal taken out in dilute acid (after drying)...19·55 ml

Pressure of hydrogen, when the volume was noted 750 mm.

Temperature of the gas, ,, ,, ,, ,, ,, ...27°C

One millilitre (ml.) of dry hydrogen at N.T.P. weighs ... 0·000089 gm.

2. Define the terms, electrolysis and ions, illustrate. How do the ions of an element differ from its atoms ?

A current of 2 amperes was passed through an N/10 solution of copper sulphate for 16 minutes and 5 seconds Calculate the amount the copper deposited on the cathode 96500 coulombs liberate 31 8 gm of copper

What will be the effects when the same current is passed (i) through an N/5 solution of copper sulphate for the same time and (ii) through an N/10 solution of the same substance for 32 minutes and 10 seconds ?

3 What is radio-activity ? How has Dalton's conception about atoms been modified by the discovery of this phenomenon ?

Give a brief account of your idea about the structure of atoms.

4 Define a normal solution How do you calculate the weights of Na_2CO_3 and H_2SO_4 required to prepare one litre of normal solution of each ?

50 ml. of (N) H_2SO_4 are poured into 50 ml of (N/2) NaOH, Is the resulting solution acid or alkaline ?

Calculate its strength in normality (Na=23, S=32, C=12),

5. Describe giving equations, where possible, the reactions of metals as well as of their compounds to show the difference between metals and non-metals.

GROUP B (Answer any *three* questions)

6 Starting from limestone describe how you would prepare quicklime and metallic calcium. How do they react with water ? Give equations.

What is cement ? Why is it considered an important building material ?

7 Describe how copper is prepared from copper pyrites. State its properties and uses How is the metal refined ?

8 How does destructive distillation differ from ordinary distillation ? Describe how coal gas is prepared. How is it purified ? Name the by-products.

9. Write what you know about the following :—

(*a*) Homologous series. (*b*) Saturated and unsaturated compounds Illustrate your answer with examples.

10. How is formaldehyde prepared ? Give a neat labelled sketch of the apparatus. What happens when acetaldehyde is (*a*) oxidized, and (*b*) reduced ?

What are formalin and bakelite ? State their uses.

Higher Secondary Examination—1963

CHEMISTRY (Compartmental)

FIRST PAPER

Group A

1. Explain *any four* of the following terms : 3×4=12

(*a*) Chemical change (*b*) Saturated solultion. (*c*) Chemical formula (*d*) Oxidation, (*e*) Hard water.

2. State the Law of Multiple proportions. 4

Two chlorides of a metal contain 35.9 and 52.8% of chlorine respectively. Show that the results are in accordance with the law. 8

3. Describe how hydrogen may be prepared and collected by decomposition of water :

(*i*) by a metal (*a*) at ordinary temperature.

(*b*) at a red heat :

(*ii*) without the application of chemicals. 4

4. 1.3 gm. of zinc is allowed to react with dilute sulphuric acid containing 3.0 gm of H_2SO_4 Which of these chemicals is used up when the reaction ceases, and what is the volume of hydrogen evolved at 37°C and 755 mm. ? [Zn=65 , S=32].

6+6=12

GROUP B

5. Describe the laboratory preparation of nitric acid. Sketch the apparatus used and give equation. 2+3+1

State how you would obtain from the acid or any suitable salt of it—(*a*) oxygen , (*b*) nitrogen peroxide. Give equations.

$1\frac{1}{2}+1\frac{1}{2}$.

Give one example each of its oxidising action on (*a*) a non-metal ; (*b*) a compound. $1\frac{1}{2}+1\frac{1}{2}$

6. Starting from a phosphatic mineral, describe how you would prepare (*a*) red phosphorus, (*b*) ortho-phosphoric acid 5+2

What is superphosphate of lime and what is its use ? 1+1

Give the formulae of an arsenate and an arsenite and state *one* use of *either* of these.

7. What are the essential conditions for the oxidation of SO_2 to SO_3 by the contact process ? (Reasons for those

conditions are *not* required.) How is this SO_3 converted into sulphuric acid ? 5+1

How, and under what conditions, does sulphuric acid react with (*a*) copper , (*b*) oxalic acid ? $1\frac{1}{2}+1\frac{1}{2}$

Mention *two* gases for which sulphuric acid is unsuitable as a drying agent and state reasons. $1\frac{1}{2}+1\frac{1}{2}$

8. Describe the laboratory preparation of chlorine, giving equations State, how it reacts with (*a*) heated phosphorus (*b*) cold and dilute solution of caustic soda , (*c*) potassium bromide solution , (*d*) CO gas. $4\times1\frac{1}{2}=6$

9 Describe an experiment by which it can be shown that carbon dioxide contains its own volume of oxygen. 6

Show how the formula of the gas may be deduced from this result, mentioning what other information is required. 6

10. Show, with reference to one element, the application of Avogadro's law in the determination of atomic weight. 12

1963 : CHEMISTRY [compartmental]

SECOND PAPER

Group A [*Any three*]

1. What do you mean by atomic weight of an element ? Describe a method for its determination. When is the atomic weight accurate ? 2+5+1

0 125 gm. of the chloride of a metal contains 0 054 gm. of the metal The specific heat of the metal is 0 281. Calculate its atomic weight. (At wt of chlorine is 35 5). 4

2. Explain the terms : acids, bases and neutralization. Illustrate with simple ionic equations. 6+3

What do you mean by a basic salt ? Why does a solution of sodium carbonate give an alkaline reaction ? 1+2

3. Write what you know about : (*a*) electrovalency and covalency, and (*b*) oxidation and reduction. Give illustrations showing the part played by electrons. 6+6

4. Describe how you would determine the strength of a solution of sulphuric acid given to you. 6

0·53 gm. of Na_2CO_3 is added to 100 ml. of a solution of sulphuric acid of strength N/10 (F=1·25). Is the resulting solution acid or alkaline ? 2

Calculate the volume of an acid or an alkali (as the case may be) of strength 0·75 N/10 required to neutralize the resulting solution. 4

5. What do you understand by 'Electro-chemical series of metals'? 2

Under what conditions does water react with sodium, magnesium and iron? Give equations. 3×(1+1)

What happens when a knife blade is put into a solution of copper sulphate? Give the reason for the reaction which occurs. 4

What is galvanization? Why are iron sheets galvanized? 2

Group B (*any three*)

6. How is cast iron prepared in a blast furnace? Discuss the functions of coke and limestone, giving equations for the reactions which take place. 3+3

7. Describe how lead is obtained from galena. State its properties and uses. 8+2+2

8. What are fuels? How are they classified? 2+1

How are producer gas and water gas prepared? Give equations. How do they differ? 2+2+1

What are gasolene and Kerosene? How are they obtained? State their uses. 4

9. How is benzene obtained on a large scale? State the peculiarities of benzene and its homologues. 6+6

10. Write briefly what you know about :—

(*a*) Fats and oils. (*b*) Soap, (*c*) Essences, (*d*) Bakelite and plastics. (*e*) Sucrose and glucose. (*f*) chloroform and iodoform

6+2

Higher Secondary Examination—1964

CHEMISTRY—FIRST PAPER

Special credit will be given for answer which are brief and to the point. *Three* marks are reserved for neatness and general impression. Answer *six* question, at least *two* being taken from each group.

GROUP A

1. Explain any four of the following :—

(*a*) Supersaturated solution. (*b*) Valency. (*c*) Combustion (*d*) Allotropy, (*e*) Nascent state. 3×4=12

2. Tabulate the essential differences between a mixture and a compound of iron and sulphur. 12

3. State Avogadro's Law and show that the molecular weight of a gas is twice its relative density. 2+4=6

An element *E* forms two gaseous hydrides *A* and *B*, which contain 75 and 80 per cent of *E*, and have densities of 8 and 15 respectively. Given that *A* contains only one atom of *E* in its molecule, calculate (*a*) the atomic weight of *E*, and (*b*) the formulae of *A* and *B* 3+3=6

4. What volume of sulphuretted hydrogen, measured at 27°C and 750 mm, would precipitate the copper in a solution of 2 gms of $CuSO_4$ in water ? How much ferrous sulphide would give the requisite quantity of sulphuretted hydrogen ?

[Atomic wt. of Cu=63·5 ; Atomic wt of Fe=56.] 8+4=12

5. How would you prepare a dilute, but otherwise pure, aqueous solution of hydrogen peroxide ? 4

Give particulars, with equations, of four experiments you would perform to distinguish between this dilute solution and water. 2×4=8

6. Give full experimental details of how you would prepare, and collect several jarfuls of oxygen in the laboratory. 5

How is oxygen prepared on a large scale ? 3

The word oxygen means 'acid producer', Give two examples to show that the name as given to oxygen gas is justified, and two other examples to show that the name is a misnomer. 2+2=4

7 State the conditions necessary for conversion of ammonia to nitric acid on a large scale. Describe one other method of manufacturing nitric acid. 4+4=8

Give one example each of the reactions of nitric acid . (*a*) as an acid , (*b*) as an oxidizing agent. 2+2=4

8. Name four allotropic forms of carbon, and state two uses of (*a*) charcoal, (*b*) coal. 2+2+2=6

Describe how it may be shown that carbon monoxide contains half its own volume of oxygen Show how the formula of the gas can be deduced from this result, it being given that its relative density is 14. 4+2=6

9. Describe how hydrochloric acid is manufactured from sodium chloride. 6

What is its action on : (*a*) ferrrous oxide ; (*b*) manganese dioxide , (*c*) silver nitrate solution , (*d*) saturated solution of common salt ? $1\frac{1}{2}\times4=6$

10. How is dry sulphur dioxide prepared and collected in the laboratory ? 6

Describe what happens when it reacts with (*a*) an aqueous solution of potassium permanganate ; (*b*) chlorine water , (*d*) lime-water. (State the visible changes that occur and give equations.) 2×3=6

1964 : CHEMISTRY—Second Paper

GROUP A—*Answer questions 1 and two other questions*

1. Give a neat labelled sketch of the apparatus used in the chemical laboratory for the preparation of ethylene. Mention the proportion of the reacting substances and the temperature of reaction. 6+1+1

Give equation using structural formulæ of the compounds. 1

What happens when (*a*) ethylene mixed with hydrogen is passed over heated platinum, and (*b*) bromine reacts with ethylene ? 1+1

Why is it considered as an unsaturated compound ? 1

2 Describe the reaction by which ethyl alcohol is obtained from glucose With the help of structural formulæ explain the relationship between ethyl alcohol, acetaldehyde and acetic acid. 4+4

How does phosphorus pentachloride react with ethyl alcohol ? What is your conclusion from this reaction regarding the structural formula of the alcohol ? 1+1

What is methylated spirit ? State its uses.

3. A solution of sodium chloride can conduct electric current but a solution of canesugar cannot. Give reasons for this anomaly. 2

State and explain Faraday's laws of electrolysis.

What do you understand by 'electrochemical equivalent' of an element and 'a Faraday' ? Illustrate. 4

4. Write short notes on :—(*a*) Protons, electrons and neutrons. (*b*) Radio-activity. (*c*) Isotopes. 4+4+4

5. (*a*) Starting from pure metallic copper how would you determine its equivalent weight ? Give experimental details and method of calculation. 4+2

(*b*) 0 3975 gm. of copper oxide was heated in a current of pure and dry hydrogen till completely reduced and the gaseous product was passed through a tube containing fused calcium chloride previously weighed. The gain in weight of the latter was 0·09 gm. Calculate the equivalent weight of copper.

[Atomic wt. of Cu=63·5] 3

(c) The weight of copper deposited from a solution of copper sulphate by a uniform current of 0·25 ampere flowing for one hour is 0·295 gm. Find the equivalent weight of copper.

(1 Faraday=96500 coulombs). 3

GROUP B (*Answer any three question*)

6. What is benzene ? How is it obtained on a large scale. Give the structural formula of benzene and two of its higher homologues—and state how they differ from methane and its homologues. 1+5+2+4

7. Starting from bauxite how would you prepare :—

(a) Pure aluminium oxide (b) Metallic aluminium. (c) Aluminium sulphate. (d) Anhydrous aluminium chloride Give equations. 3+1+1+2+2

8. By what chemical reactions metallic lead is obtained from galena ? 6

Describe methods for the preparation of red lead and litharge. 2

What happens when red lead (a) is treated with dilute nitric acid, and (b) is strongly heated ? 1+1

Name the constituents of (a) soft solder, and (b) type metal. 1+1

9. How does chlorine react with the metals sodium, copper and iron ? Give equations. 6

How would you convert the compounds to the respective metals again ? 6

10. (a) What is rust ? How is it formed ? How can it be prevented ? 1+1+2

(b) What is glass ? How is it prepared ? 1+4

What do you mean by annealing ? 1

Why glass is annealed ? 2

Higher Secondary Exam.—1964 (Compartmental)

CHEMISTRY (First Paper)

GROUP A

1. Explain *any four* of the following :—

(*a*) Solubility, (*b*) Sublimation, (*c*) Gram molecule, (*d*) Water of crystallisation & (*e*) Chemical equation. 3×4=12

2. Describe an experiment you could perform in the laboratory to show that air contains a gas which supports combustion and another which does not. Give *four* reasons to show that these two gases in air are mixed together and not chemically combined.

Name three other gases present in air. $3+1\frac{1}{2}\times4=9$ & $3=12$.

3. State *three* laws of chemical combination by weight and one law of combination by volume. Give examples. 4×2=8

Carbon forms two gaseous hydrides containing 75 and 80 percent of carbon respectively. Show that these compositions accord with the law of multiple proportions.

4. Calculate the weight of pure calcium carbonate from which 500 c.c. of carbon dioxide at 27°C and normal pressure may be prepared. What weight of pure carbon would yield the same quantity of carbon dioxide ? (Ca=40) 6+6=12

GROUP B

5. How is hydrogen prepared from zinc and acid ? What precautions should be taken before collecting the gas, and why ?

How could you show that (*a*) hydrogen is a reducing agent, (*b*) water is produced when hydrogen reduces an oxide ?

4+4+4=12

6. Describe how nitrogen is obtained from an ammonium compound in the laboratory. How is it dried and collected ?

3+1+1=5

Describe its preparation on a technical scale 3

What is meant by nitrogen cycle and what is the necessity of using nitrogen fertilizers ? 2+2=4

7. How is phosphorus manufactured from phosphatic minerals ? Compare the physical and chemical properties of white and red phosphorus. How may each form be converted into the other. 4+4+(2+2)=12

8. Describe the preparation of carbon monoxide in the laboratory. State four properties, physical or chemical in respect of which carbon monoxide differs from carbon dioxide. 4+4=8

How could you convert a mixture of these two oxides completely into (*a*) carbon monoxide, (*b*) carbon dioxide. 4

9. How, and under what conditions, does chlorine react with —(*a*) aluminium, (*b*) sodium hydroxide; (*c*) ammonium hydroxide, (*d*) moist slaked lime, (*e*) potassium iodide; (*f*) carbon monoxide. Give equations. 2×6=12

10. How would you prepare and collect several jars of dry hydrogen sulphide ? Sketch the apparatus that is used in the laboratory for obtaining a ready supply of the gas.

Write a note on its use as a laboratory reagent. 4+4+4=12

CHEMISTRY—Second Paper

(Compartmental) : 1964

GROUP A

1. What do you understand by the term 'ester' ? Give a neat labelled sketch of an apparatus used in the chemical laboratory for the preparation of an ester. 6

Mention briefly the essential steps in the process. What happens when it is hydrolysed ? 3+1

What is soap ? 2

2 How is methane prepared in the laboratory ? 3

How would you prove that the gas prepared is a compound of only carbon and hydrogen ? 2

Describe what happens when a mixture of chlorine and methane is kept in diffused sunlight. Give equations. 4

Name the compounds produced. 2

What is your conclusion as to the nature of methane from the above reactions ? 1

3. What do you understand by the term 'electrolyte' ? Give two examples. 3

An electric current is passed between platinum electrodes through dilute solutions of (*a*) copper sulphate and (*b*) silver nitrate, the solutions being placed in series. State exactly what changes occur at the electrodes and in the solutions. 3+3

If 0 105 gm of copper is deposited by the current from the first solution, calculate the weight of silver deposited in the second solution. (Cu=63·5, Ag=108) 3

4. Define equivalent weight of an element, equivalent weight of an acid, equivalent weight of a base. Give illustrations. $1\frac{1}{2}+1\frac{1}{2}+1\frac{1}{2}$

Explain with the help of the phenomenon of electrolytic dissociation what happens when a base is neutralized by an acid. $1\frac{1}{2}$

If 25 ml of $\frac{N}{10}$ Na_2CO_3 solution (F=1·05) are neutralised by 19·5 ml. of a solution of sulphuric acid, calculate the strength of the acid in terms of normality and grams per litre Calculate the acid to be diluted to one litre to make it exactly decinormal. 6

5. Write short notes on :—(*a*) Dulong and Petit's Law, (*b*) Isomorphism, (*c*) Electrovalency and covalency (*d*) Water gas. 3+3+3+3

GROUP B

6. What do you mean by destructive distillation ? Describe the changes which you observe when wood is subjected to destructive distillation. Name the products. 2+2+2

Describe how acetone is prepared from one of these products. 3

What happens when acetone is oxidized and also reduced ? Give equations with structural formula of the compounds. 3

7. Starting from sodium chloride how would you prepare pure anhydrous sodium carbonate on a large scale ?

Give equations for the reactions involved 2

What happens when—(*a*) Carbon dioxide is passed through a cold saturated solution of sodium carbonate, (*b*) excess of lime water is added to a solution of sodium carbonate and (*c*) a solution of sodium carbonate is evaporated at room temperature ? Will there be any change if the solution in (*d*) is evaporated over a water-bath ? 6

8. Give a comparative statement of the physical properties and composition of cast iron, wrought iron and steel. State their uses Describe how steel is prepared from cast iron. Name the elements, besides iron and carbon, usually present in steel. 4+3+3+2=12

9. (*a*) Under what condition is a metal displaced from a solution of its salts by another metal ? Give two examples. 2+2

(*b*) What is plaster of Paris ? How is it prepared ? State its property and uses. 3

(*c*) Starting from copper pyrites how would you prepare crystalline copper sulphate ? 2

How is it made free from ferrous sulphate ? 1

What happens when crystalline copper sulphate is slowly heated to redness ? 2

10. How does sodium hydroxide solution react with (*a*) aluminium powder and (*b*) granulated zinc ? Give equations. 4

State the reactions of nitric acid and hydrochloric acid on iron and aluminium. Give equations where possible. 8

Higher Secondary Examination—1965

CHEMISTRY—FIRST PAPER

Answer SIX *Questions, at least* TWO *being taken from each group. Give all necessary equations.*

GROUP A

1 Explain the term *solubility.* What is a solubility curve ? 2+2

Describe how you would determine the solubility of lead nitrate at room temperature. 5

50 gms, of lead nitrate are dissolved in 75 c c. boiling water. What weight of the solute will crystallize out when the solution is cooled to 20°C ? (Solubility of lead nitrate at 20°C is 54 4). 3

2. Enumerate all the information (qualitative, gravimetric and volumetric) that is given by the equation, $C+O_2=CO_2$. 2+2+2

and describe how the gravimetric part may be established experimentally. 6

3 A salt has the following percentage composition :—

Na—27·38, H—1 19, C—14·29, O—57·40

Find its simplest formula. [Na=23] 6

2·1 gm. of this salt is strongly heated. What is the volume of carbon dioxide evolved at 27°C and 760 mm., and what is the weight of the solid residue ? 4+2

4. One litre of hydrogen at N. T. P. weighs 0·089 gm. What is the volume occupied at N. T. P. by (*a*) one gram-molecule of hydrogen, (*b*) one gram-molecule of any other gas ? 3+1

0 1022 gm. of a substance, when vaporized, occupies 55·5 c c. at 27°C and 750 mm. Find the gram-molecular weight of the substance. 8

5. Give examples of three substances which yield oxygen when heated, either alone or after mixing with another substance. 3

Describe how oxygen may be prepared and collected in the laboratory from one of these substances. 3

State how oxygen may be converted into (*a*) an acidic oxide, (*b*) an alkaline oxide, and (*c*) and insoluble basic oxide. Give the reason for classifying the oxides under the respective heads. $2 \times 3 = 6$

Group B

6. Describe the laboratory preparation of nitric acid. State how you could obtain from the acid specimens of (*a*) nitric oxide, (*b*) nitrogen peroxide How may these oxides be converted back into nitric acid ? $(1+1) \times 2 = 4$

Describe the oxidizing action of nitric acid on (*a*) charcoal ;

(*b*) ferrous sulphate solution. 2+2

7. State how would you prepare chlorine in the laboratory. 4

How would you show that it is an oxidizing agent ? 2

Tabulate three properties in respect of which it differs from sulphur dioxide. 3

Describe its use as a bleaching agent. 3

8. How is fluorine prepared in the laboratory ? 4

Give a neat sketch of the apparatus. 3

State three important properties of the element and compare them with those of chlorine. 3+2

9. Describe how you would determine the composition of water by volume as well as by weight. 6+6

10. Give a brief account of *any one* method for the manufacture of sulphuric acid (Details of plants not required.) 12

CHEMISTRY—Second Paper, 1965

Group A

(Answer *two* questions only)

1. Define 'equivalent weight' of an element Magnesium dissolves completely in excees of dilute sulphuric acid with evolution of hydrogen Describe in detail an experiment in which this reaction is carried out to determine the equivalent weight of the metal. Illustrate your answer with a sketch of the apparatus used. 2+8+2

2. Describe briefly the modern idea about the structure of atoms, and explain 'oxidation and reduction' in terms of electrons, illustrating your answer with four examples, 4+4+4

3. (*a*) An oxide of a metal contains 52·91% of the metal. Calculate its equivalent weight.

(*b*) 0 362 gm. of a metal displaces 3 225 gms. of silver from a solution of silver nitrate. Calculate the equivalent weight of the metal. [At. weight of Ag. = 107 81 and its valency = 1]

(*c*) 1 6182 gm. of pure metallic silver, when dissolved in nitric acid and treated with slight excess of hydrochloric acid, produces 2 1501 gm. of silver chloride. Calculate the equivalent weight of silver. Equivalent weight of chlorine is 35 46. 4+4+4

4. What do you mean by 'atomic weight' of an element ? Describe a method for its determination by utilizing Avogadro's law. Illustrate with an example. How would you determine the accurate atomic weight of an element ? 12

GROUP B (Answer *any four* questions)

5 How does destructive distillation differ from ordinary distillation ? Explain why the former is called destructive. Illustrate your answer. 6

Name the by-products in the manufacture of coal gas and state their uses. 3+3

6. How is acetylene prepared in the laboratory ? Give a sketch of the apparatus. State the properties of the compound. By what reactions would you prove that it is an unsaturated substance ? Give equations. 4+2+2+2+2

7. How would you prepare the following compounds ?—

(*a*) Formaldehyde, (*b*) Acetone, (*c*) Formic acid.

Give equations with the structural formulae of the compounds. 3+3+3+3

8. How is sodium extracted from sodium chloride ? How do you know that it is a metal ? 4+2

What happens when the metal is kept at ordinary temperature in a dry air, (*b*) moist air, and (*c*) chlorine ? Give equation for the reaction in each case. 2+2+2

9. Describe how copper is extracted from copper pyrites. Give equations for the chemical reactions which take place in the process. 4+4

What happens when metallic copper is (*a*) treated with moderately dilute nitric acid, and (*b*) boiled with concentrated sulphuric acid ? Give equations. 2+2

10. Under what conditions does water react with (*a*) iron, (*b*) carbon, and (*c*) calcium ? Give equations. 4+2+2

How does chlorine react with (i) phosphorus, and (ii) aluminium ? Give equations. 2+2

1965 : CHEMISTRY (Compartmental)—First Paper

Full Marks—75

Answer *six* questions, at least *two* being taken from each group. Give all necessary equations.

Group A

1. What are the essential differences between a chemical and a physical change ? 6

State, giving reasons, what kind of change is involved in each of the following cases :—

(*a*) Magnetisation of iron. (*b*) heating a piece of magnesium ribbon, (*c*) heating the filament of an electric bulb by passing electric current. (*d*) heating of camphor. $1\frac{1}{2} \times 4 = 6$

2. State Gay Lussac's Law of Gaseous Volume. 4

Describe how the law can be experimentally verified in the case of combination of hydrogen and chlorine. 8

3. An oxide of a metal M contains 27·6 per cent of oxygen. If the formula of the oxide be M_3O_4, find the atomic weight of M.

Another oxide of the same metal contains 30 0 per cent of oxygen. What is the formula of this oxide ? 6×6

4. Describe how you would proceed to find the atomic weight of oxygen. 12

5. Explain the terms *oxidation* and *reduction*. 4

Classify any *four* of the following substances as oxidising or reducing agents, giving one chemical equation in each case in illustration of their behaviour as such :— 8

(*a*) Hydrogen peroxide, (*b*) Carbon monoxide, (*c*) Nitric acid, (*d*) Sulphuric acid, (*e*) Chlorine, (*f*) Copper oxide, (*g*) Hydriodic acid, (*h*) Sulphur dioxide.

Group B

6. How may dry ammonia gas be prepared in the laboratory ? Sketch the apparatus. 4+2

Describe experiments to show that it (*a*) burns in oxygen and (*b*) is extremely soluble in water. What are the product obtained in (*a*) and (*b*) ? 2+2

State *two uses* of ammonia or ammonium compounds. 2

7 Define the term *allotropy* 2

Name *four* allotropic forms of carbon, and mention *two* uses each of *two* of these allotropic forms. 2+2+2=6

How is carbon dioxide obtained on a commercial scale? Sketch the kiln. 4

8. How is chlorine prepared in the laboratory? 4

How, and under what conditions, does chlorine react with (*a*) sodium, (*b*) sodium hydroxide, (*c*) potassium iodide, (*d*) slaked lime? 4×2=8

9. How is sulphuretted hydrogen obtained for laboratory use? Give a sketch of Kipp's apparatus. 3+2

Under what conditions and with what results does it react with (*a*) oxygen, (*b*) sulphur dioxide? $1\frac{1}{2}+1\frac{1}{2}=3$

State how it is useful in qualitative analysis for basic radicals. 4

10. Starting with bone black, how could you prepare (*a*) ortho-phosphoric acid, (*b*) yellow phosphorus, (*c*) red phosphorus? 4+4+2

What is superphosphate of lime and what is its use? 1+1

1965 : CHEMISTRY (Compartmental)--Second Paper

[**Note** : *In numerical problems no credit will be given unless details of calculation are shown in the answer methodically.*]

Group A

(Answer *two* questions only)

1. Give experimental details for the determination of equivalent weight of copper. Show how you would record experimental data and indicate the method of calculation. 6+3+3

2. Define 'normal solution.' How would you prepare 250 ml of a decinormal solution of sodium carbonate and standardize a solution of sulphuric acid? How would you calculate the strength of the latter? 2+4+3+3

3. Explain what you understand by the following :—

(*a*) Electrolysis, (*b*) Neutralization, (*c*) Basic salt, (*d*) Hydrolysis. (2+1)×4

Give examples.

4. State Faraday's laws of electrolysis and define electrochemical equivalent of an element.

An electric current is passed simultaneously through two cells containing (*a*) acidulated water, and (*b*) a solution of silver nitrate. Calculate the weight of silver deposited in the second cell during the time that 121·6 ml. of hydrogen at 27°C and 750 m.m. pressure is liberated in the first [At. wt. of Ag = 107·88, Valency of Ag = 1, 1 ml. of hydrogen at N. T. P. weighs 0 00009 gm.] 6+6

Group B

(Answer any *four* questions)

5. How is methyl alcohol prepared on a large scale ? How does it react with a mixture of potassium dichromate and concentrated sulphuric acid ? By what reactions would you prove that in a molecule of methyl alcohol there is one hydroxyl group ? Give equations. 6+3+3

6. What are fuels ? How would you classify them ? Give examples. 2+2+2

Name the products of fractional distillation of petroleum and state their uses. 3+3

7. Write short notes on :— 3+3+3+3

(*a*) Homologous series, (*b*) Sucrose and glucose (*c*) Hydrolysis of esters, (*d*) Structural formula of the benzene molecule.

8. Describe the solvay process for the preparation of sodium carbonate and state its uses. Give equations 8+2

Why does a solution of sodium carbonate give alkaline reaction ? 2

9. How is aluminium extracted from bauxite ? Describe two chemical reactions of the element to prove that it is a metal Give equations. 6+4

What happens when an aluminium foil is introduced into a solution of copper sulphate ? Give equation. 2

10. What is zinc blende ? Describe briefly the operations by which metallic zinc is obtained from it. Give equations. 1+4+2

What is 'galvanizing' ? Under what condition galvanized iron sheets are considered better than tin plated iron sheets ? Give reasons. 1+2+2

INTERNATIONAL ATOMIC WEIGHTS

Element	Symbol	Atomic Number	Atomic Weight	Element	Symbol	Atomic Number	Atomic Weight
Actinium	Ac	89	227	Europium	Eu	63	152·0
Aluminium	Al	13	26·98	Fermium	Fm	100	[255]
Americium	Am	95	[243]	Fluorine	F	9	19·00
Antimony	Sb	51	121·76	Francium	Fr	87	[233]
Argon	Ar	18	39·944	Gadolinium	Gd	64	156·9
Arsenic	As	33	74·91	Gallium	Ga	31	69·72
Astatine	At	85	[210]	Germanium	Ge	32	72·60
Barium	Ba	56	137·36	Gold	Au	79	197·0
Berkelium	Bk	97	[245]	Hafnium	Hf	72	178·6
Beryllium	Be	4	9·013	Helium	He	2	4·003
Bismuth	Bi	83	209·00	Holmium	Ho	67	164·94
Boron	B	5	10·82	Hydrogen	H	1	1·0080
Bromine	Br	35	79·916	Indium	In	49	114·76
Cadmium	Cd	48	112·41	Iodine	I	53	126·91
Calcium	Ca	20	40·08	Iridium	Ir	77	192·2
Californium	Cf	98	[248]	Iron	Fe	26	55·85
Carbon	C	6	12·011	Krypton	Kr	36	83·80
Cerium	Ce	58	140·13	Lanthanum	La	57	138·92
Caesium	Cs	55	132·91	Lead	Pb	82	207·21
Chlorine	Cl	17	35·457	Lithium	Li	3	6·940
Chromium	Cr	24	52·01	Lutetium	Lu	71	174·99
Cobalt	Co	24	58·94	Magnesium	Mg	12	24·32
Copper	Cu	29	63·54	Manganese	Mn	25	54·94
Curium	Cm	96	[245]	Mendelevium	Mv	101	[256]
Dysprosium	Dy	66	162·45	Mercury	Hg	80	200·61
Einsteinium	En	99	[253]	Molybdenum	Mo	42	95·95
Erbium	Er	68	167·2	Neodymium	Nd	60	144·27

INTERNATIONAL ATOMIC WEIGHTS

Element	Symbol	Atomic Number	Atomic Weight	Element	Symbol	Atomic Number	Atomic Weight
Neon	Ne	10	20·183	Selenium	Se	34	78·96
Neptunium	Np	93	[237]	Silicon	Si	14	28·09
Nickel	Ni	28	58·69	Silver	Ag	47	107·880
Niobium	Nb	41	92·91	Sodium	Na	11	22·991
Nitrogen	N	7	14·008	Strontium	Sr	38	87·63
Osmium	Os	76	190·2	Sulphur	S	16	32·066
Oxygen	O	8	16	Tantalum	Ta	73	180·95
Palladium	Pd	46	106·7	Technetium	Tc	43	[99]
Phosphorus	P	15	30·975	Tellurium	Te	52	127·61
Platinum	Pt	78	195·23	Terbium	Tb	65	158·93
Plutonium	Pu	94	[242]	Thallium	Tl	81	204·39
Polonium	Po	84	210	Thorium	Th	90	232·05
Potassium	K	19	39·100	Thulium	Tu	69	168·94
Praseodymium	Pr	59	140·92	Tin	Sn	50	118·70
Promethium	Pm	61	[145]	Titanium	Ti	22	47·90
Protactinium	Pa	91	231	Tungsten	W	74	183·92
Radium	Ra	88	226·05	Uranium	U	92	238·07
Radon	Rn	86	222	Vanadium	V	23	50·95
Rhenium	Re	75	186·31	Xenon	Xe	54	131·3
Rhodium	Rh	45	102·91	Ytterbium	Yb	70	173·04
Rubidium	Rb	37	85·48	Yttrium	Y	39	88·92
Ruthenium	Ru	44	101·1	Zinc	Zn	30	65·38
Samarium	Sm	62	150·43	Zirconium	Zr	40	91·22
Scandium	Sc	21	44·96				

Figures in brackets denote the mass number of the isotope having the longest half-life period